

Le port antique de Caesarea Maritima – Sebastos

par [Arthur de Graauw](#) et [Gilles Brocard](#) 29 avril 2022

Contexte

La ville de Caesarea Maritima (Sebastos en grec) est située au sud de Haïfa (Israël). Son port a été construit par Hérode entre 21 et 10 av. J.-C. et est subdivisé en trois parties, le port intérieur, aujourd'hui émergé ; le port central, aujourd'hui port de pêche/marina et le port extérieur, aujourd'hui submergé.



Fig.1. Photo aérienne de Caesarea Maritima – Sebastos montrant le port central encore utilisé et le port extérieur submergé (<https://web.uvic.ca/~jpoleson/ROMACONS/Caesarea2005.htm>)

Dans son dernier article, Ehud Galili (2021) rejette catégoriquement « l'option tectonique » pour la subsidence de 5 à 6 mètres du port extérieur de Sebastos. Galili fournit une série d'explications possibles pour cette subsidence. Nous allons les passer en revue.

De quoi s'agit-il ?

Les ruines du brise-lame principal du port forment les façades ouest et sud du port extérieur (fig.1). Les blocs de couronnement de cet ouvrage culminent aujourd'hui à -2.5 à -3.5 m sous le niveau actuel de la mer. Par ailleurs, les ruines d'une plateforme submergée à l'intérieur du port extérieur sont à -5 m sous le niveau actuel de la mer. Si on relevait ces niveaux de 6 m, le brise-lame culminerait donc à environ +3 m au-dessus du niveau actuel de la mer et la plateforme serait à +1 m. Ces deux niveaux seraient alors corrects pour un brise-lame et pour un quai. La question est donc de savoir comment une subsidence de 6 m a pu se produire dans le port extérieur, avec une subsidence de seulement 1 m dans le port central.

Après avoir acté que la surélévation du niveau de la mer depuis 2000 ans est d'environ 0.50 m, des chercheurs ont commencé par évoquer l'option tectonique selon laquelle une faille nord-sud située à la limite entre le port extérieur et le port central serait le plan de rupture d'un effondrement tectonique du port extérieur (Raban 2009:198), mais cette option est donc rejetée aujourd'hui par Galili (2021) et par les géologues (Sivan 2010), et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, un jeu de 6 m sur une faille impliquerait, d'après les lois d'élasticité de rupture des failles, la formation d'un escarpement de faille côtier de hauteur plurimétrique d'au moins 150 km de longueur dans les formations résistantes de kurkar (grès calcarénitique bioclastique) (ex. Wells et Coppersmith, 1994), or un tel escarpement n'est observé nulle part. Deuxièmement, une telle faille n'en serait pas à son premier déplacement (rejeu) et ses déplacements (rejets) cumulés auraient produit, au fil de dizaines et centaines de milliers d'années d'activité, un escarpement dégradé de plusieurs dizaines à centaines de mètres de haut. L'imbrication ininterrompue, à basse altitude, des rides de kurkar déposées depuis des centaines de milliers d'années durant les hauts niveaux marins entre la côte actuelle et jusqu'à plus de 5 km à l'intérieur des terres (Frenchen et al., 2002) permet d'exclure l'existence d'une faille active. Une telle faille nord-sud sur la côte n'aurait par ailleurs pas de raison d'être dans le contexte tectonique régional, dominé par les mouvements décrochants nord-sud sur la faille du Levant (mer Morte-lac de Tibériade) et des déplacements plus modérés sur des failles obliques qui se branchent vers le nord-ouest sur la faille du Levant (notamment la faille du mont Carmel, qui recoupe obliquement la côte plus au nord, ex. Sadeh, 2012).

Quelles autres explications peut-on avancer ?

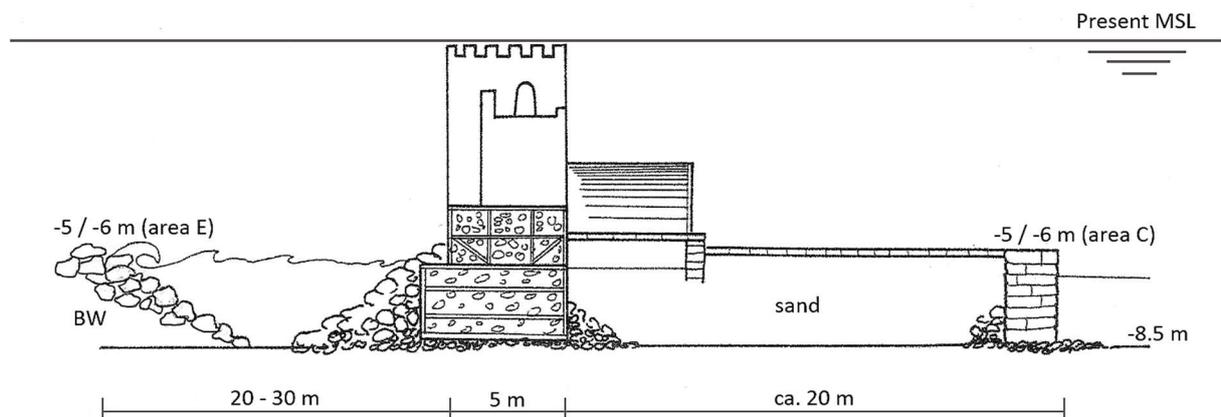


Fig. 2. Section du brise-lame principal du port, vue vers le nord (adapté de Raban, 2009:96).

On distingue à gauche (ouest) un premier brise-lame BW, puis le brise-lame principal avec des blocs de couronnement en béton marin, des tours et des entrepôts, puis, à droite, une plateforme avec un quai. Le tout est posé sur des fonds de 8.5 m sous le niveau actuel de la mer.

Il faut commencer par distinguer la subsidence de la **destruction** pure et simple du brise-lame sous l'effet des tempêtes, car dans ce cas les blocs de couronnement de l'ouvrage auraient été emportés vers le bassin portuaire, ce qui n'est pas le cas, même s'ils ont visiblement été déplacés dans cette direction. Ensuite, il faut distinguer la subsidence due à l'**érosion** qui peut se produire au pied extérieur de l'ouvrage sous l'effet de la houle car, dans ce cas, des blocs seraient tombés vers le large, ce qui n'est pas le cas non plus.

Certains ont avancé l'hypothèse d'une **liquéfaction due à la houle** et il est exact qu'une grosse vague approchant du large vers l'ouvrage sera réfléchié en partie par celui-ci en doublant donc presque sa hauteur devant l'ouvrage. Une liquéfaction peut alors se produire localement par la présence d'un gradient hydraulique vertical dans le sol au pied de l'ouvrage qui met le sable en suspension sur le fond de la mer (Zen 1991). Comme l'érosion mentionnée ci-dessus, ce phénomène est clairement local et ne suffit pas à expliquer une subsidence généralisée de l'ouvrage.

Lorsqu'une grosse vague arrive sur la face extérieure du brise-lame, alors que le niveau de l'eau côté bassin portuaire est relativement stable, un gradient hydraulique horizontal cyclique est créé au sein de l'ouvrage. Ce dernier peut provoquer un fort **écoulement souterrain**, en particulier au niveau de l'interface entre l'ouvrage et le sable sur lequel il est posé. Afin d'éviter des problèmes de stabilité de fondation irréversibles, un filtre à granulats est installé sous les ouvrages modernes (de Graauw 1984). Ce problème ne se pose pas à Caesarea du fait de la présence d'une plateforme de sable sur une vingtaine de mètres entre le brise-lame principal et le quai (fig. 2), qui empêche ledit écoulement souterrain de se mettre en place. Notons au passage que les archéologues n'ont pas (encore) découvert de filtres à granulats sous les brise-lames jusqu'à présent, sauf peut-être dans le cas de Fos publié récemment (Fontaine 2021).

Certains ont parlé de l'effet dévastateur des **tsunamis** (Goodman-Tchernov 2015). Des tsunamis ont en effet abordé les côtes du Levant à au moins quatre reprises (115, 551, 749 et 881 ap. J.-C.). Il faut sans doute ajouter celui de 365 ap. J.-C. (Wikipedia) et d'autres ont pu se produire sans laisser de traces dans la littérature antique. D'un point de vue structurel, on comprend aisément que les blocs de couronnement puissent être déplacés vers le bassin portuaire lors d'un tsunami comme pendant une simple tempête, mais on ne saurait expliquer une subsidence généralisée de l'ouvrage de cette façon.



Une explication plus plausible serait une **compaction** du sous-sol due à la surcharge de l'ouvrage sur les sables déposés jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur d'eau par le transit littoral de sables nilotiques orienté vers le nord dans cette région (Zviely 2007). Si ces sables sont déposés de surcroît sur des couches argileuses, on doit prendre en compte également la **consolidation** progressive de ces dernières par évacuation lente des eaux interstitielles. A plus long terme, on pourrait même penser à un possible **fluage** horizontal du substrat sous-jacent et dans ce cas, un certain étalement horizontal de l'ouvrage devrait se produire. Il est néanmoins difficile d'imaginer un enfoncement de 5-6 m dû à ces phénomènes, mais nous manquons cruellement d'éléments géotechniques pour l'affirmer.

Une **liquéfaction due à un séisme** serait une explication très convenable puisqu'elle affecterait tout le brise-lame principal. Sans entrer ici dans les détails géotechniques (voir Idriss & Boulanger 2008 ; Hettler 2014), on peut considérer que les sables nilotiques peu compacts apportés par le transit littoral sont liquéfiables lors d'un séisme. Les ouvrages modernes ne sont jamais posés sur ce type de fond marin sans une amélioration notable ou un dragage complet (voir les récents ouvrages à Ashdod et Haïfa). La liquéfaction est un processus qui, sous l'effet vibratoire d'un séisme, tend à augmenter la compaction des grains de sable en réduisant la porosité de la formation sableuse. De l'eau doit donc être évacuée et cela peut prendre un peu de temps en fonction de la perméabilité des matériaux environnants. Pendant ce temps, l'ouvrage 'flotte' sur un matelas d'eau avant que les grains de sable ne se touchent à nouveau pour former une structure rigide. C'est à ce moment que l'ouvrage s'enfonce dans les 'sables mouvants' (voir [Aachen University video](#)).

Résultat

A l'issue de ce passage en revue, on voit que les phénomènes locaux (érosion en pied de talus, liquéfaction due à la houle, écoulements souterrains) et même les tsunamis ont pu déclencher des désordres locaux sur les ouvrages, mais pas une subsidence généralisée de l'ensemble des brise-lames. Seuls des phénomènes à grande échelle comme une subsidence tectonique ou une liquéfaction due à un séisme et une compaction/consolidation peuvent fournir une explication vraisemblable.

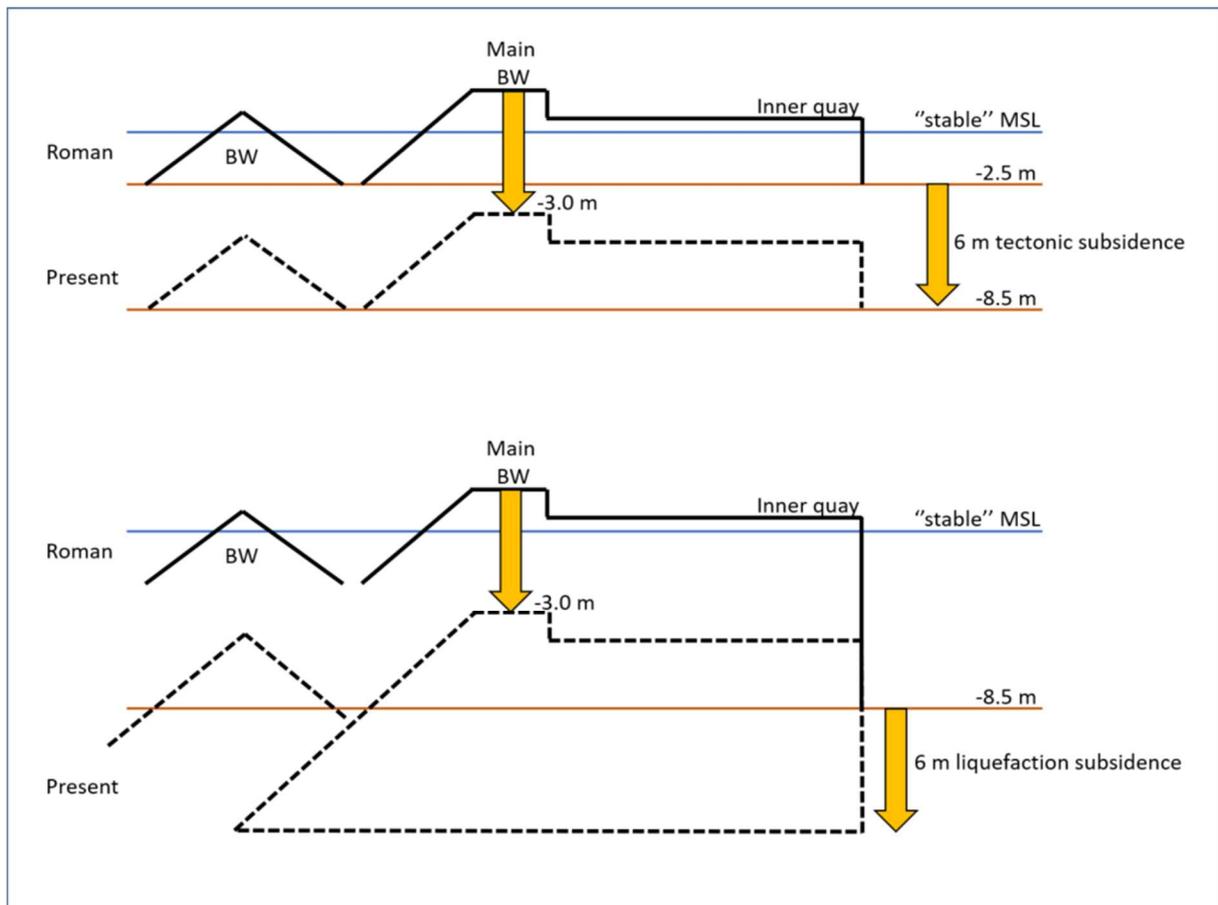


Fig. 3. Options schématiques de subsidence du brise-lame principal de Caesarea Maritima (A. de Gaauw, 2021).

Si on admet une subsidence tectonique de 6 m, le port extérieur aurait été construit sur 2.5 m de fond et le brise-lame principal aurait eu 6 m de hauteur entre -2.5 m à sa base et +3.5 m à son couronnement. C'est donc l'ensemble des ruines qui serait au-dessus du fond marin aujourd'hui.

Si on admet une subsidence par liquéfaction de 6 m, le port extérieur aurait été construit sur 8.5 m de fond et le brise-lame principal aurait eu 12 m de hauteur entre -8.5 m à sa base et +3.5 m à son couronnement. Seul le sommet de l'ouvrage serait donc au-dessus du fond marin aujourd'hui. Cette deuxième option impliquerait un ouvrage d'une taille sans précédent à cette époque (le port de Claude près d'Ostie ne sera construit que 50 ans plus tard) correspondant mieux aux deux descriptions fournies par Josèphe Flavius vers 78 et vers 93-94 ap. J.-C. (Guerre des Juifs, 1.21 & Antiquités Juives, 2, 2 & 15, 9).

*Finalement,
l'option de liquéfaction due à un séisme,
éventuellement combinée avec une consolidation sur le long terme,
est la seule option qui permette d'expliquer l'état actuel des ruines sous-marines.*

Des carottages pénétrant jusqu'à une dizaine de mètres sous les fonds marins actuels permettraient de vérifier cette hypothèse.

Liste des figures : (avec les légendes et crédits)

Fig.1. Photo aérienne de Caesarea Maritima – Sebastos montrant le port central encore utilisé et le port extérieur submergé. (<https://web.uvic.ca/~jpoleson/ROMACONS/Caesarea2005.htm>)

Fig. 2. Section du brise-lame principal du port, vue vers le nord (adapté de Raban, 2009:96). On distingue à gauche (ouest) un premier brise-lame, puis le brise-lame principal avec des blocs de couronnement en béton marin, des tours et des entrepôts, puis, à droite, une plateforme avec un quai. Le tout posé sur des fonds de 8.5 m sous le niveau actuel de la mer.

Fig. 3. Options schématiques de subsidence du brise-lame principal de Caesarea Maritima (A. de Gaauw, 2021).

Références :

DE GRAAUW, A., 1984, *Design criteria for granular filters*. J. Waterw., Port, Coast. and Ocean Eng., ASCE 110 (1984) 1. Delft Hydraulics Laboratory, Publication n° 287, (25 p).

FONTAINE, S., EL-AMOURI, M., MARTY, F., ROUSSE, C., 2021, *The Submerged Monumental Complex of the Roman Harbour of Fossae Mariana, Gulf of Fos, France – An overview of preliminary results*, in: *Under the Mediterranean I. Studies in Maritime Archaeology*, Sidestone Press, (p 181-194).

FRECHEN, M., NEBER, A., DERMAN, B., TSATSKIN, A., BOENIGK, W., RONEN, A., 2002, *Chronostratigraphy of aeolianites from the Sharon Coastal Plain of Israel*, *Quaternary International*, 89, (p 31-44).

GALILI, E., SALAMON, A., GAMBASH, G., ZVIELY, D., 2021, *Archaeological and Natural Indicators of Sea-Level and Coastal Changes: The Case Study of the Caesarea Roman Harbor*, *Geosciences* 2021, 11, 306, (26 p).

GOODMAN-TCHERNOV, B., AUSTIN, J., 2015, *Deterioration of Israel's Caesarea Maritima's ancient harbor linked to repeated tsunami events identified in geophysical mapping of offshore stratigraphy*, *Journal of Archaeological Science, Reports*, 3, (p 444–454).

HETTLER, A., 2014, *Recommendations on Excavations*, DGGT, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik, Wiley, (286 p).

IDRISS, I., & BOULANGER, R., 2008 *Soil liquefaction during earthquakes*, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA, (264 p).

RABAN, A., 2009, *The Harbour of Sebastos (Caesarea Maritima) in its Roman Mediterranean Context*, ed. Artzy, Goodman & Gal, BAR International Series N° 1930, Oxford, (222 p).

SADEH, M., HAMIEL, Y., ZIV, A., BOCK, Y., FANG, P., WADOWINSKI, S., 2012, *Crustal deformation along the Dead Sea Transform and the Carmel Fault inferred from 12 years of GPS measurements*, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 117, B8.

SIVAN, D., et al., 2010, *What can a sessile mollusk tell about neotectonics?*, *Earth and Planetary Science Letters* 296, (p 451–458).

WELLS, D. & COPPERSMITH, K., 1994. *New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area, and surface displacement*, *Bulletin of the seismological Society of America*, 84, No. 4 (p 974-1002).

ZEN, K., & YAMAZAKI, H., 1991, *Field observation and analysis of wave-induced liquefaction in seabed*, Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering, Soils and Foundations, Vol. 31, No.4, (p 161-179).

ZVIELY, D., KIT, E., KLEIN, M., 2007, *Longshore sand transport estimates along the Mediterranean coast of Israel in the Holocene*, Marine Geology, 238 (1-4), (p 61-73).

Mots-clés :

Port antique, structure portuaire antique, subsidence, brise-lame, Caesarea Maritima

[Arthur de Graauw](#) est ingénieur maritime retraité, spécialisé dans les ports antiques. Il est chercheur associé à l'UMR 5133-Archéorient, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon 2. Il publie sur son site <https://www.ancientportsantiques.com> .

[Gilles Brocard](#) est spécialiste de géomorphologie continentale, de néotectonique, et de la Zone Critique. Il est chercheur associé de l'UMR 5133-Archéorient, Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon 2.