

## II - DYNAMIQUES DE L'ENVIRONNEMENT À L'ÉCHELLE RÉGIONALE

### Évolution géomorphologique de la façade maritime d'Alexandrie (Égypte) au cours des six derniers millénaires

*Geomorphological evolution of Alexandria's maritime façade during the  
past 6000 years*

Jean-Philippe GOIRAN\*

Nick MARRINER\*\*

Christophe MORHANGE\*\*

Mohamed ABD EL-MAGUIB \*\*\*

Kathia ESPIC \*\*

Michel BOURCIER\*\*\*\*

Pierre CARBONEL \*\*\*\*\*

**Résumé** - Le programme de recherches paléo-environnementales du Centre d'études alexandrines a pour objectif de préciser les dynamiques géomorphologiques des littoraux d'une des plus grandes cités portuaires antiques de Méditerranée : Alexandrie d'Égypte. Plusieurs campagnes de carottage et des prospections en scaphandre autonome ont permis d'identifier six principales étapes dans l'évolution des paysages. (1) Un tombolo, établi entre l'île de Pharos et le futur site d'Alexandrie, se développe dès le début du IV<sup>e</sup> millénaire. (2) Au moment de la fondation d'Alexandrie, le tombolo devient semi-émergé. L'Heptastade, chaussée de près de 1300 m de long reliant l'île et la cité, est alors construit sur la partie sommitale de ce tombolo et non sur une accumulation massive de remblais. (3) À partir de la période Romaine, on assiste à une progradation des plages et au comblement progressif des bassins portuaires. (4) Durant l'Antiquité Tardive et le début de la période Arabe, un ou plusieurs tsunamis provoquent une ingestion marine brutale par érosion des plages. (5) La progradation des rivages reprend rapidement en raison d'un important stock sédimentaire grossier disponible provenant des destructions occasionnées par le ou les tsunamis. (6) Vers les VIII<sup>e</sup>-IX<sup>e</sup> siècles après J.-C., une hausse du niveau marin relatif de  $5,5 \pm 1$  m est enregistrée. Les raisons de cet enfoncement soudain sont encore mal connues. Enfin, la progradation des plages reprend progressivement au cours de l'époque arabe, puis ottomane.

**Abstract** - The aim of the Centre d'Etudes Alexandrines' palaeoenvironmental project was to elucidate coastal changes in one of the Mediterranean's largest ancient maritime cities: Alexandria, Egypt. Several coring expeditions and underwater surveying have allowed six main landscape phases to be identified. (1) A tombolo began accreting between the island of Pharos and the future site of Alexandria during the 4th millennium BC. (2) By the time of Alexandria's foundation in the 4th century BC, the summit of the tombolo lay close to the water surface. The Heptastadion, a 1300 m causeway linking the island to the city, was therefore constructed on top of the tombolo sediments and not on artificial infill. (3) From the Roman period, beach progradation and rapid silting-up is observed in the harbour basins. (4) During Late Antiquity and the early Arab period, one or more tsunamis led to rapid beach erosion and concomitant marine ingression. (5) Coastline progradation recovered rapidly due to significant sediment stocks resulting from the tsunami(s) destruction. (6) During the 8th to 9th centuries BC, a relative sea-level rise of  $5.5 \pm 1$  m is recorded. The exact reasons for this subsidence are not clearly known. Finally, beach progradation resumed during the Arab and Ottoman periods.

\*UMR 5133 Archéorient, MOM, 7 rue Raulin, F69007 Lyon. jgoiran@mom.fr

\*\* UMR 6635 CEREGE, Europe de l'Arbois, BP 80, F13545 Aix-en-Provence

\*\*\* UMR 6573 CCI, MMSH, 5 rue du Château de l'Horloge, BP 647, F13094 Aix-en-Provence

\*\*\*\* UMR 6117 LMGE, COM, Station Marine d'Endoume, rue Batterie des Lions, F13 007 Marseille

\*\*\*\*\* UMR 5805 EPOC, Université des sciences et technologies (Bordeaux I), B18, avenue des Facultés, F33405 Talence



Alexandre le Grand fonde la cité d'Alexandrie en 331 av. J.-C., en face de l'île de Pharos, sur un cordon d'éolianite pleistocène, à la frange occidentale du delta du Nil (WALI *et al.*, 1994 ; fig. 1=PL. III h.t.). Durant l'époque hellénistique, les ingénieurs construisent l'Heptastade reliant la ville et l'île de Pharos, séparées jusqu'alors par un bras de mer. L'Heptastade est une chaussée, d'environ 1,3 km de longueur. Cet ouvrage constituait tout à la fois un pont conduisant à l'île et un aqueduc, à l'époque où Pharos était habitée (Strabon in YOYOTTE *et al.*, 1998). L'Heptastade a ensuite été progressivement recouvert par des sables (GOIRAN et MORHANGE, 1999), puis colonisé par le tissu urbain (EMPEREUR, 1998). Une série de profils géophysiques révèle la présence d'une structure archéologique susceptible de correspondre à l'Heptastade (HESSE *et al.*, 1998). Les fouilles archéologiques, pouvant tester cette interprétation, sont difficiles à réaliser en raison de la densité du bâti et de la présence d'une nappe phréatique. En l'absence de fouilles, deux hypothèses s'opposent donc sur l'origine artificielle ou naturelle du soubassement sur lequel a été construit l'Heptastade. La première considère que l'Heptastade repose sur des remblais disposés dans la passe afin de la combler. La seconde suggère la présence d'une accumulation naturelle de sédiments entre l'île et la cité sur laquelle viendrait reposer l'Heptastade.

Les objectifs étaient donc doubles : d'une part, mieux comprendre le contexte géomorphologique de cette zone et, d'autre part, reconstituer l'évolution des paysages à l'échelle de la façade maritime d'Alexandrie au cours des six derniers millénaires. Aujourd'hui, nous pouvons distinguer trois unités géomorphologiques (FRIHY *et al.*, 1996) : la baie occidentale (ancien port d'Eunostos), le tombolo (secteur de l'Heptastade) et la baie orientale (*Magnus Portus*). La constitution d'une équipe pluridisciplinaire composée d'archéologues, de biologistes et de géomorphologues a permis de croiser, en fonction des problématiques abordées, plusieurs types d'indicateurs. La méthodologie adoptée et les techniques utilisées ont été développées dans diverses publications abordant l'étude du tombolo (GOIRAN, 2001 ; GOIRAN *et al.*, 2002) ou celle des milieux portuaires (GOIRAN et MORHANGE, 2003).

La configuration du littoral contraint le vent dominant à frapper perpendiculairement la ride d'éolianite (FRIEDMAN, 1995). Celui-ci est de secteur nord-ouest (NW-315°) et a une vitesse moyenne annuelle de 8 m.s<sup>-1</sup>. D'après les témoignages de plusieurs auteurs de la période gréco-romaine, il semble que l'orientation des vents dominants n'ait guère changé depuis l'Antiquité. Les rues d'Alexandrie étaient d'ailleurs orientées afin que les vents étiésiens venant de la mer rafraîchissent la cité durant l'été (Strabon in YOYOTTE *et al.*, 1997).

Nous présentons ici un essai de reconstitution cartographique de l'évolution des paysages côtiers à Alexandrie. Six cartes illustrent les principales étapes de la morphogénèse littorale entre le IV<sup>e</sup> millénaire avant J.-C. et le I<sup>er</sup> millénaire après J.-C.

## 1. Développement du tombolo subaquatique (fig. 2=PL. III h.t.)

À Alexandrie, la morphogénèse du tombolo démarre vers 5500 ans BP (début du IV<sup>e</sup> millénaire avant J.-C.), période de ralentissement de la montée du niveau marin d'origine glacio-eustatique (FLEMING *et al.*, 1998). L'accrétion du tombolo se caractérise par une accumulation alternée de vases détritiques du Nil (STANLEY *et al.*, 1996) et d'une fraction biogène composée de branches de *Cladocora caespitosa*. Ces dernières proviennent des nombreuses communautés coralliennes qui se développent à proximité (GOIRAN, 2001). La présence d'un macrobenthos lié à l'herbier de Posidonies et d'assemblages rhéophiles témoigne des courants à l'origine de la morphogénèse du tombolo (fig. 2=PL.III). Les sédiments s'accumulent préférentiellement en position d'abri derrière l'île de Pharos et forment un prisme de type «salient» (SCHWARTZ *et al.*, 1989 ; NIR, 1996 ; SANDERSON *et al.*, 1996). Durant trois millénaires, quatre mètres de sédiments se sont donc accumulés dans la passe et constituent le corps principal immergé du tombolo.

## 2. Artificialisation du tombolo à la période hellénistique (fig. 3=PL.III h.T.)

À partir du IV<sup>e</sup> siècle avant J.-C., les premiers aménagements d'importance sont construits sur le littoral et accélèrent les rythmes d'évolution des paysages. L'édification de l'Heptastade sépare définitivement la baie orientale de la baie occidentale et va forcer le développement du tombolo dont le terme supérieur se trouve désormais artificialisé. La prise en compte des données sur la montée relative du niveau marin indique que le sommet du tombolo devait être en partie émergé à l'époque de la fondation de la cité (GOIRAN, 2001). La présence d'un tombolo semi-émergé a ainsi facilité la construction de l'Heptastade qui repose donc sur sa partie sommitale et non sur un soubassement important de remblais.

Dans la baie orientale assez bien protégée, des bassins portuaires sont aménagés comme l'indique la présence de sédiments vaseux ainsi que les prospections archéologiques (EL-FALAKI, 1872 ; GODDIO *et al.*, 1998). Des apports de sédiments grossiers engraisent le flanc occidental de l'Heptastade qui correspond désormais à la façade au vent.

## 3. Engraissement du tombolo à la période romaine (fig. 4=PL.III h.t.)

Au début de la période romaine, on observe un ensablement généralisé du secteur. L'accrétion des fonds et l'engraissement du tombolo s'accélèrent. Des plages



émergées se sont développées le long de l'Heptastade aux III<sup>e</sup> et IV<sup>e</sup> siècles après J.-C.

Les données archéologiques permettent de mieux comprendre l'ampleur des aménagements portuaires dans la rade orientale. Les bassins, favorisant le piégeage des particules fines, connaissent des vitesses d'envasement élevées de l'ordre de 10 mm/an (GOIRAN, 2001). Ainsi, au sud de la baie orientale, dans le secteur de l'arsenal, une partie des structures portuaires ont probablement été colmatées. D'éventuelles opérations de curage pour l'entretien des bassins n'auront fait que ralentir cette évolution.

#### 4. Ouverture brutale du milieu durant l'Antiquité Tardive et le début de la période arabe (fig. 5=PL.IV h.t.)

Dans l'état actuel de nos analyses, il est imprudent de vouloir dater précisément le ou les dépôt(s) de tsunami qui caractérise(nt) de nombreuses carottes prélevées dans les anciens bassins portuaires. Nous hésitons entre la date de 365 après J.-C. et celle de 881 après J.-C., qui correspondent à deux tsunamis majeurs. La catastrophe de 365 après J.-C. est particulièrement célèbre car elle a été décrite assez précisément par l'historien latin Ammien Marcellin : *Le douzième jour avant les calendes d'août, [...] la masse terrestre ébranlée dans sa stabilité, se met à trembler toute entière ; les flots refluent et la mer, chassée, se retira, si bien que le gouffre des profondeurs fut mis à découvert, que l'on vit des espèces multiformes d'animaux marins pris dans la vase, [...]. Beaucoup de navires s'échouèrent donc sur un sol sec, et une foule immense se promenait librement parmi les basses eaux encore demeurées, pour ramasser à la main poissons et prises analogues, quand des grondements marins, [...], s'élèvent dans un mouvement inverse ; [...]. Quand le tourbillon tumultueux de cette marée reflua et que se fut apaisé le gonflement de l'élément liquide, certains navires furent aperçus par le fond. [...] D'autres gros vaisseaux, poussés hors de l'onde par des vents furieux, s'échouèrent sur le haut des toits, comme ce fut le cas à Alexandrie.* (Marcellin in MARIÉ, 1984).

Dans un contexte de bassin portuaire, le faciès de tsunami est caractéristique d'une ouverture brutale du milieu, provoquant d'importants bouleversements morpho-sédimentaires par érosion et dépôt. Par comparaison avec des dépôts de tsunami actuels, nous avons identifié cinq critères distinctifs qui caractérisent la ou les catastrophes à Alexandrie.

1- Présence d'un *hiatus* dans la stratigraphie. Parfois, plus de deux millénaires d'archives sédimentaires sont manquants entre la fin du III<sup>e</sup> millénaire avant J.-C et le début du I<sup>er</sup> millénaire après J.-C.

2- Variation brutale de faciès signalant une rupture dans les modes de sédimentation. On passe de la décantation de particules fines à un dépôt en vrac de sédiments grossiers.

3- Importance des débris coquilliers et juxtaposition de faunes issues de biotopes très différents. Un mélange de faunes autochtones et allochtones, provenant des étages circalittoral et infralittoral, traduit une perturbation profonde de l'écosystème littoral.

4- Inaccessibilité chronologique : les dépôts de tsunami sont très difficiles à dater directement au radiocarbone car ils se composent de stocks coquilliers fossiles remobilisés.

5- L'étude par exoscopie des quartz montre que les quartz présentent des traces fraîches de chocs de très haute énergie comme des macrocupules et des figures d'écrasement.

#### 5. Impacts morphologiques post-tsunami (fig. 6=PL. IV h.t.)

La tendance observée est une progradation accélérée du littoral pouvant par endroits atteindre plusieurs centaines de mètres. La vitesse d'avancée des plages est avant tout liée à la présence d'un important stock sédimentaire, provenant essentiellement de matériel issu des destructions générées par le ou les tsunamis. Ainsi, sur le pourtour de la baie orientale, des plages de galets se sont substituées aux plages de sable. Ces plages de galets se composent de matériel archéologique (céramiques brisées, fragments de mortier, de marbre ou de roche volcanique...) dont les formes s'émousent progressivement par le jeu du ressac.

#### 6. Hausse du niveau marin relatif entre les VIII<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> siècles après J.-C. (fig. 7=PL. IV h.t.)

L'étude des variations relatives du niveau de la mer reste encore sommaire en raison d'un nombre limité d'indicateurs précis et fiables. Des structures portuaires vers -6 m sont datées de la fin de l'Antiquité romaine dans la baie orientale (YOYOTTE in GODDIO *et al.*, 1998). De plus, plusieurs plages de galets et d'aegagropiles, datées des VII<sup>e</sup>-VIII<sup>e</sup> siècles après J.-C., se situent vers -5 m ( $\pm 1$ m). Quelques décennies plus tard, le niveau marin se positionne vers -2 m ( $\pm 1$ m). Il est caractérisé par une plage de galets datée du IX<sup>e</sup> siècle après J.-C. et par une biocénose des sables fins de hauts niveaux datée des IX<sup>e</sup>-X<sup>e</sup> siècles après J.-C. Ces données mettent donc en évidence une hausse importante du niveau marin entre les VIII<sup>e</sup> et IX<sup>e</sup>-X<sup>e</sup> siècles après J.-C. Dans l'attente de nouvelles datations radiocarbone, la chronologie proposée est susceptible de modification ultérieure.

À une cinquantaine de kilomètres à l'est d'Alexandrie, des travaux ont mis en évidence une hausse relative du niveau marin à la fois plus précoce et plus progressive dans la baie d'Aboukir (STANLEY *et al.*, 2001 et 2004).

À partir du X<sup>e</sup> siècle après J.-C., un exhaussement progressif des fonds marins traduit une reprise de la



progradation du littoral. Dans l'attente de nouvelles datations au radiocarbone, il est difficile d'établir une carte pour cette période et nous renvoyons les lecteurs à la carte du cadastre de 1936 (fig. 8=PL. IV h.t.) pour faire le lien avec l'époque actuelle.

## Conclusion

Ce travail a permis de reconstituer la morphogénèse d'un tombolo en Méditerranée orientale depuis l'Holocène moyen et de préciser les milieux de sédimentation d'Alexandrie. Quatre principaux résultats doivent être rappelés :

- 1- Au moment de la fondation d'Alexandrie, le tombolo avait déjà atteint un stade amphibie qui a facilité la construction de l'Heptastade.
- 2- Cette chaussée a ensuite joué un rôle morphologique majeur en segmentant le golfe en deux baies.
- 3- Durant l'Antiquité Tardive et le début de la période Arabe, les bassins portuaires vont enregistrer un ou plusieurs tsunamis. La conséquence morpho-sédimentaire de ce raz-de-marée est une progradation rapide des plages

du fait de la mobilisation d'importants stocks sédimentaires liée aux destructions occasionnées par l'onde de choc.

4- Aux alentours des VIII<sup>e</sup> et X<sup>e</sup> siècles après J.-C., une hausse brutale du niveau marin relatif provoque une transgression marine dont l'ampleur reste discutée.

Le site d'Alexandrie est donc un lieu particulièrement riche et propice à une étude pluridisciplinaire consacrée à l'histoire des rapports des sociétés avec leur environnement.

## Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier vivement J.-Y. EMPEREUR, directeur du Centre d'études alexandrines (CNRS UMS 1812), pour le soutien total qu'il a accordé à ce projet, ainsi que le *Supreme Council of Archaeology of Egypt*. Merci également à Mohamed ABDEL FATAH (Directeur du Musée Gréco-romain d'Alexandrie), à Mohamed ABDEL ASIZ (Directeur du Service des antiquités islamiques d'Alexandrie) et à l'Amiral ZAKI (Port d'Alexandrie). Nos remerciements s'adressent aussi au Consul Général de France et au Consul Général d'Italie, ainsi qu'à N. OLLIER et N. DJEGHRI pour leur aide précieuse en France.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- EMPEREUR J.Y., (1998), *Alexandrie redécouverte*, Fayard/Stock, 253 p.
- FLEMING K., JOHNSTON P., ZWARTZ D., YOKOYAMA Y., LAMBECK K., CHAPPELL J., (1998), Refining the eustatic sea-level curve since the Last Glacial Maximum using far- and intermediate-field sites, *Earth and Planetary Science Letters*, 163, 1-4, p.327-342.
- FRIEDMAN G.M., (1995), The depositional and diagenetic evolution of the coastal ridges of northwestern Egypt, *Sedimentary Geology*, p.133-135.
- FRIHY O.E., DEWIDAR K.M., EL RAEY M., (1996), Evaluation of coastal problems at Alexandria, Egypt, *Ocean and Coastal Management*, vol. 30, n° 2-3, p.281-295.
- GODDIO F., BERNARD A., BERNAND E., DARWISH I., KISS Z., YOYOTTE J., (1998), *Alexandrie, les quartiers royaux submergés*, Periplus, 274 p.
- GOIRAN J.-P., (2001), *Recherche géomorphologique dans la région littorale d'Alexandrie, Égypte : mobilité des paysages à l'Holocène récent et évolution des milieux portuaires antiques*, Thèse de l'Université d'Aix-Marseille I, 240 p.
- GOIRAN J.-P. et MORHANGE C., (1999), Nouvelles données sédimentologiques et biologiques sur le tombolo et dans le port antique d'Alexandrie, Égypte, *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 123, p.560-566.
- GOIRAN J.P., MORHANGE C., BOURCIER M., CARBONEL P., MORIGI C., (2000), Évolution des rivages d'Alexandrie à l'Holocène récent, marge occidentale du delta du Nil, Égypte, *Méditerranée*, 1-2, Tome 94, p.83-90.
- GOIRAN J.-P., BOURCIER M., MORHANGE C., (2002), Histoire du colmatage d'un bassin portuaire antique à Alexandrie : l'apport de la sédimentologie et de la biologie marine, in *Puertos antiguos : ciudad, desarrollo e infraestructuras*, Publ. de la Universitat de Valencia, p.319-324.
- GOIRAN J.-P. et MORHANGE C., (2003), Géoarchéologie des ports antiques en Méditerranée : problématiques et études de cas, *Topoi*, XI, p.647-669.
- HESSE A., (1998), Arguments pour une nouvelle hypothèse de localisation de l'Heptastade d'Alexandrie, *Alexandrina*, 1, p.1-33.
- EL-FALAKI M., (1872), *Mémoires sur l'antique Alexandrie*, Copenhague.
- MARIÉ M.A., (1984), *Ammien Marcellin : Histoire*, Tome V, livre X, 15-19, Ed. Les belles Lettres, p.98-99.
- NIR Y., (1996), The city of Tyre, Lebanon and its semi-artificial tombolo, *Geoarchaeology*, 11, 3, p.235-250.
- SANDERSON P.G., ELIOT I., (1996), Shoreline salients, cusped forelands and tombolos on the coast of Western Australia, *Journal of Coastal Research*, 5-3, p.761-773.
- SCHWARTZ M.L., GRANO O., PYOKARI M., (1989), Spits and Tombolos in the Southwest Archipelago of Finland, *Journal of Coastal Research*, 5-3, p.443-451.
- STANLEY D.J., WINGERATH J.G., (1996), Clay mineral distributions to interpret Nile cell provenance and dispersal : I. Lower river Nile to delta sector, *Journal of Coastal Research*, 12 (4), p.907-910.
- STANLEY D.J., GODDIO F., SCHNEPP G., (2001), Nile flooding sank two ancient cities, *Nature*, 412, p.293-294.
- STANLEY D.J., GODDIO F., JORSTAD T. F., SCHNEPP G., (2004), Submergence of ancient Greek cities off Egypt's Nile Delta – A cautionary tale, *GSA Today*, 14, 1, p.4-10.
- WALI A.M.A., BROOKFIELD M.E., SCHREIBER B.C., (1994), The depositional and diagenetic evolution of the coastal ridges of northwestern Egypt, *Sedimentary geology*, 90, p.113-136.
- YOYOTTE J., CHARVET P., GOMPERTZ S., (1997), *Strabon : Le voyage en Égypte*, Ed. Nil, 313 p.



Fig. 1 - CARTE DE LOCALISATION (Location map)

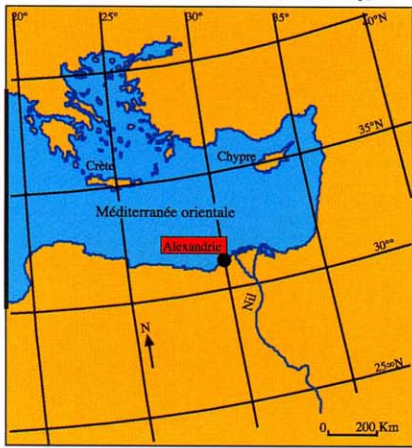
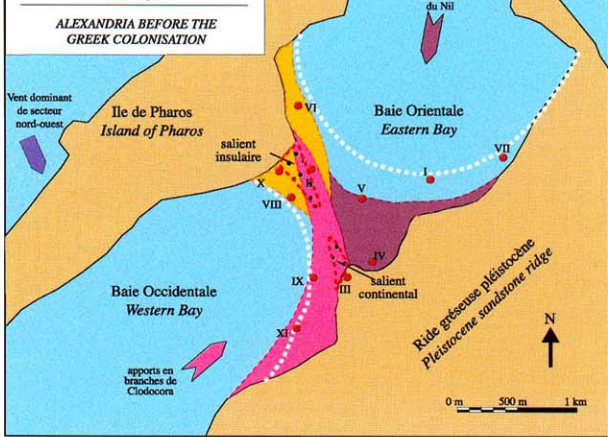


Fig. 2 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE ANTERIEUR A LA COLONISATION GRECQUE



Légende

I - FORMES ET FORMATIONS  
FORMS AND FORMATIONS

- Biodéposition à Cladocora  
*Cladocora deposits*
- Formation sableuse infralittorale  
*Infralittoral sands*
- Formation vaseuse infralittorale  
*Infralittoral muds*
- Dépôt grossier  
*Gravel deposits*
- Fonds marins indifférenciés  
*Undifferentiated marine bottom*
- Terres émergées (substrat gréseux)  
*Land above sea level (sandstone substrate)*
- Ligne de rivage actuelle  
*Present coastline*
- Ligne de rivage antique  
*Ancient coastline*
- Plage de galets  
*Pebble beach*
- Plage de Posidonies  
*Posidonia beach*
- Secteur à fleur d'eau  
*Area near water surface*
- Secteur émergé  
*Subaerial zone*

II - SOURCES SÉDIMENTAIRES  
SEDIMENT SOURCES

- Apports en Cladocora  
*Cladocora inputs*
- Apports en sables gravillonnaires  
*Gravly sand inputs*
- Apports sableux homogènes  
*Sand inputs*
- Apports argileux du Nil  
*Nile silt and clay inputs*
- Apports en fibres de Posidonies  
*Posidonia inputs*

Fig. 3 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE DURANT LA PERIODE GRECQUE HELLENISTIQUE

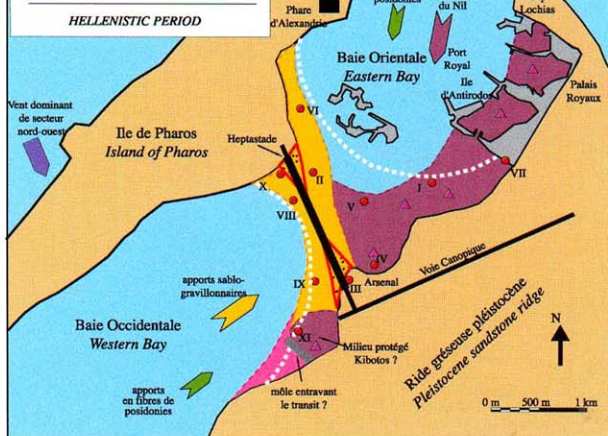


Fig. 4 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE AU DEBUT DE LA PERIODE ROMAINE

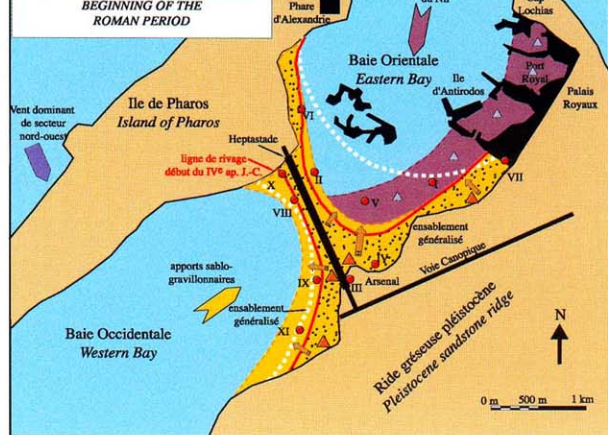




Fig. 5 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE LORS DU TSUNAMI

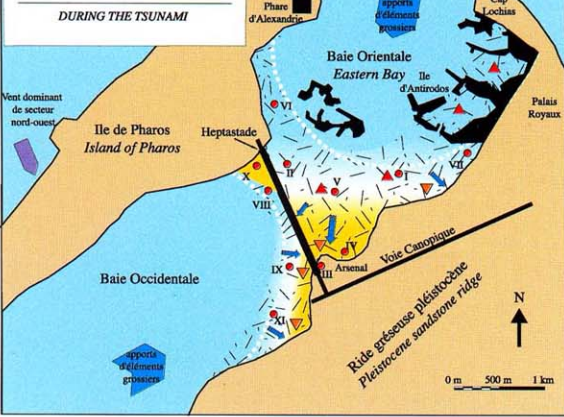


Fig. 6 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE POST-TSUNAMI

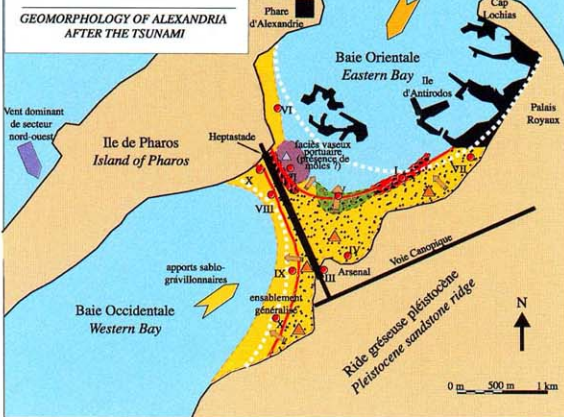
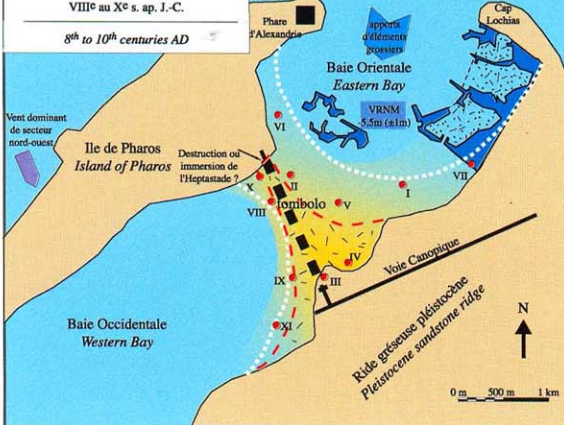


Fig. 7 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE DURANT LES VIII<sup>e</sup> au X<sup>e</sup> s. ap. J.-C.



**Légende (suite)**

**III - DYNAMIQUES PROCESSES**

- Zone en érosion  
Zone of erosion
- Zone en accretion  
Zone of accretion
- Zone en voie de colmatage  
Zone of infilling
- Progradation
- Ingression

VRNM -5m (±1.5m)  
X<sup>e</sup> s. ap. J.-C.  
Estimation des Variations Relatives du Niveau Marin  
RSL estimates

- Vent dominant  
Dominant wind
- Événement(s) hydrodynamique(s) de type tsunami  
High energy event such as a tsunami

**IV - AMENAGEMENT ANTHROPIQUE HUMAN INFRASTRUCTURE**

- Structures portuaires supposées  
Époque hellénistique  
Hellenistic harbourworks
- Structures portuaires attestées  
Époque romaine (bassin et mole)  
Roman harbourworks (basin and mole)
- Structures portuaires immergées  
Submerged harbourworks
- Heptastade  
Heptastadion
- Site et numéro des carottages  
Core site

Fig. 8 - Plan cadastral d'Alexandrie en 1935-1948 et position des carottages

