

**POUR UNE CARTE ARCHÉOLOGIQUE
ET PALÉOENVIRONNEMENTALE DE LA MARÉOTIDE :
LE PROGRAMME GEOMAR**

CÉCILE SHAALAN

cecile.shaal@cea.com.eg

CENTRE D'ÉTUDES ALEXANDRINES (CEALEX, USR 3134 CNRS)

ISMAËL AWAD

ismael.awad@cea.com.eg

CENTRE D'ÉTUDES ALEXANDRINES (CEALEX, USR 3134 CNRS)

DELPHINE DIXNEUF

dixneuf@msh.univ-aix.fr

**LABORATOIRE D'ARCHÉOLOGIE MÉDIÉVALE ET MODERNE EN MÉDITERRANÉE,
UMR 7298 CNRS**

CLÉMENT FLAUX

flaux.clement@gmail.com

ECOLAB, UMR 5245 CNRS

DAVID KANIEWSKI

david.kaniewski@univ-tlse3.fr

ECOLAB, UMR 5245 CNRS

NICK MARRINER

nick.marriner@univ-fcomte.fr

CHRONO-ENVIRONNEMENT, UMR 6249 CNRS

MARIE-DOMINIQUE NENNA

mdn@cea.com.eg

CENTRE D'ÉTUDES ALEXANDRINES (CEALEX, USR 3134 CNRS)

VALÉRIE PICHOT

valerie.pichot@cea.com.eg

CENTRE D'ÉTUDES ALEXANDRINES (CEALEX, USR 3134 CNRS)

32

GEOMAR est un programme financé par l'Agence Nationale de la Recherche (ANR) sur la période 2013-2016¹. Il comporte trois partenaires : ECOLAB (UMR 5245, Toulouse), Chrono-Environnement (UMR 6249, Besançon) et le Centre d'Études Alexandrines (CEALEX, USR 3134, Alexandrie). En collaboration avec le ministère des Antiquités égyptiennes, ce programme vise à l'établissement d'une carte archéologique et paléoenvironnementale de la Maréotide, la campagne alexandrine qui se développe autour du lac Mariout.

La Maréotide constitue une interface hydrologique caractérisée par la transition entre un environnement deltaïque et un contexte désertique. Au moins depuis la fondation d'Alexandrie, ces deux espaces ont été aménagés à des fins agricoles. La Maréotide des puits, partie occidentale de la région d'étude, est semi-désertique ; la ressource en eau y est essentiellement d'origine aquifère, bien que les apports des précipitations ne soient pas nuls. Le Centre d'Études Alexandrines y travaille depuis plus de 30 ans et la documentation disponible est déjà très importante². Il a mené plusieurs fouilles

¹ « Gestion de la ressource en Eau dans l'Orient Méditerranéen : Alexandrie et son Réseau hydrographique », <http://www.agence-nationale-recherche.fr/?Projet=ANR-12-SENV-0008>, le 12/12/2016.

² Empereur, Picon 1998 ; Pichot 2012.

archéologiques sur les sites de Maréa (GMR0024)³, d'Akadémia (GMR0020 et GMR0021)⁴, d'Amreya 1 (GMR0005) et de Kôm Bahig (GMR0067) (fig. 1). La Maréotide des canaux, partie orientale de la région d'étude, est située à la marge occidentale de la ceinture lagunaire du delta du Nil. La lagune est alimentée par les eaux de la branche canopique ainsi que par les eaux de la mer dans des proportions qui ont varié au cours de l'holocène. Nous nous intéressons principalement à sa partie sud-ouest, zone de transition entre la Maréotide des canaux et celle des puits - cette limite entre les deux Maréotide ayant pu varier au cours du temps.

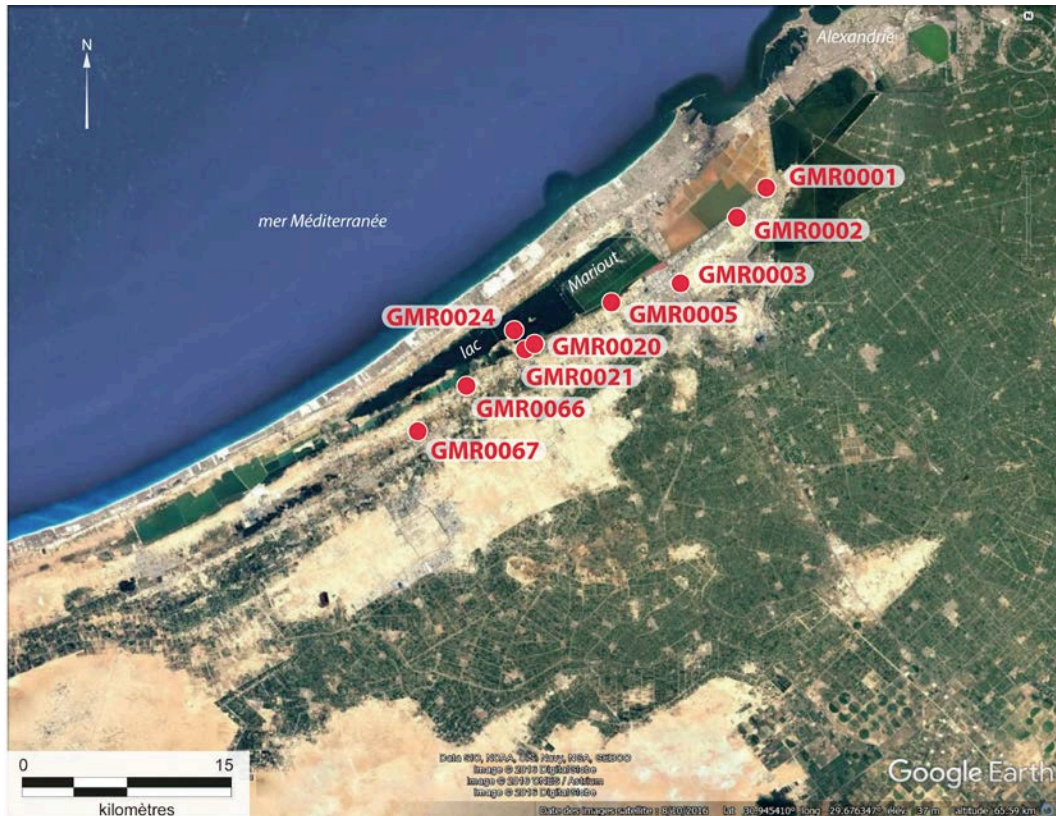


Fig. 1. Localisation des neuf sites recensés dans le cadre du programme GEOMAR et cités dans cet article.
C. SHAALAN, I. AWAD © CEAlex/CNRS (fond de plan : © Google Earth).

Notre étude des interactions société-environnement dans le contexte de changements paléo-climatiques et d'anomalies hydrologiques se veut diachronique, avec une approche inter- et pluridisciplinaire qui associe paléo-environnementalistes, archéologues, topographes-cartographes et historiens.

À terme, la carte archéologique et paléoenvironnementale de la Maréotide constituée sous la forme d'un Système d'Information Géographique (SIG), sera un outil pour la gestion du patrimoine et permettra une analyse spatiale et temporelle de toutes les données socio-environnementales. Le SIG repose sur deux socles de données : d'une part la cartographie, et d'autre part les données archéologiques issues de la bibliographie, des prospections et des fouilles, collectées dans une base de données.

³ Pichot 2010.

⁴ Pichot, Şenol 2014 ; Pichot, Flaux 2015 ; Pichot, Şenol 2015.

Une région en péril

La Maréotide est depuis une vingtaine d'années en pleine mutation. La région subit une urbanisation galopante : les zones industrielles et pavillonnaires s'étendent toujours plus à l'ouest sur les rives du lac. L'expansion d'Alexandrie, mais aussi les remembrements agricoles, ont provoqué la quasi-disparition du lac au sud d'Alexandrie : on estime que l'étendue du lac ne représente plus que 18 % de sa surface de 1801⁵. Cette région subit aussi les conséquences d'une agriculture intensive (irrigation excessive qui entraîne la montée et la pollution des nappes et du lac) et de l'installation d'infrastructures, telles que lignes à haute tension, pipelines, canaux. Ces modifications connaissent une accélération depuis une dizaine d'années et entraînent la destruction des sites archéologiques.

Deux exemples l'illustrent. Le site de Margham (GMR0002) correspond à une villa agricole comprenant un atelier de fabrication d'amphores, avec un grand dépotoir d'amphores, un pressoir et des fours (III^e siècle av. J.-C./III^e-IV^e siècle ap. J.-C.). Repéré en 1980, sa superficie est alors estimée à un hectare et à une dizaine de mètres de haut. À cette époque, il avait déjà été attaqué par les bulldozers. Des fouilles du Service des Antiquités égyptiennes ont eu lieu en 1988 sur une partie du site. En 1998, il ne restait qu'un dixième du site et en 2013 il avait complètement disparu.

Le site d'Amreya 1 (également connu sous l'appellation du Kôm de la carrière, GMR0005), situé à 11 km à l'ouest de Margham et à 7 km à l'est de Maréa, associe une carrière et un promontoire rocheux qui présentait des vestiges archéologiques. Lors des visites successives du site depuis les années 1980, il a été possible de constater la dégradation du site. Le dépotoir d'amphorique identifié au début des années 1980⁶ avait totalement disparu au début des années 2000, et d'autres atteintes à l'intégrité du site ont été depuis constatées, d'où l'urgence de documenter ce site. Ces détériorations sont directement liées à plusieurs interventions anthropiques : l'installation, dans les années 1980, de trois lignes à haute tension, avec des pylônes implantés sur le site même ; la mise en place d'un pipeline de gaz, qui a transpercé l'ensemble du promontoire rocheux ; le déblaiement de certaines parties du promontoire pour l'aménagement de zones de culture, et ce même en haut du kôm ; et enfin, le remblaiement de la carrière antique. Ce site a fait l'objet, dans le cadre de l'ANR GEOMAR, d'une campagne de documentation, en mai-juin 2015⁷. Il a semblé en effet important avant la destruction définitive de ce site, de procéder à une opération visant à préciser la chronologie et les phases d'occupation de ce site, à partir des vestiges visibles en surface et dans les coupes créées par les bulldozers. Il a été procédé au levé topographique du site, à des prospections céramologiques, aux relevés archéologiques (manuels et par photogrammétrie⁸) et à des carottages (fig. 2). L'étude préliminaire atteste une occupation du secteur depuis l'époque hellénistique, selon toute probabilité au II^e siècle av. J.-C. Elle perdure jusqu'à la fin de la période romaine tardive.

⁵ Voir Awad 2010, Awad 2011 et dans cet ouvrage, I. Awad, « L'évolution de la frange occidentale du delta du Nil (Maréotide) à travers la cartographie : exploitation du sol et du lac (1798 – 2015) ».

⁶ Empereur 1983 ; Empereur, Picon 1998, p. 86.

⁷ Nenna 2015.

⁸ Dans un cas comme celui-ci d'urgence, de sauvetage, la photogrammétrie, alliée aux techniques de relevé traditionnel, a permis de réaliser les relevés stratigraphiques sur plus de 160 ml en un délais relativement court et de restituer l'état actuel en 3 dimensions.

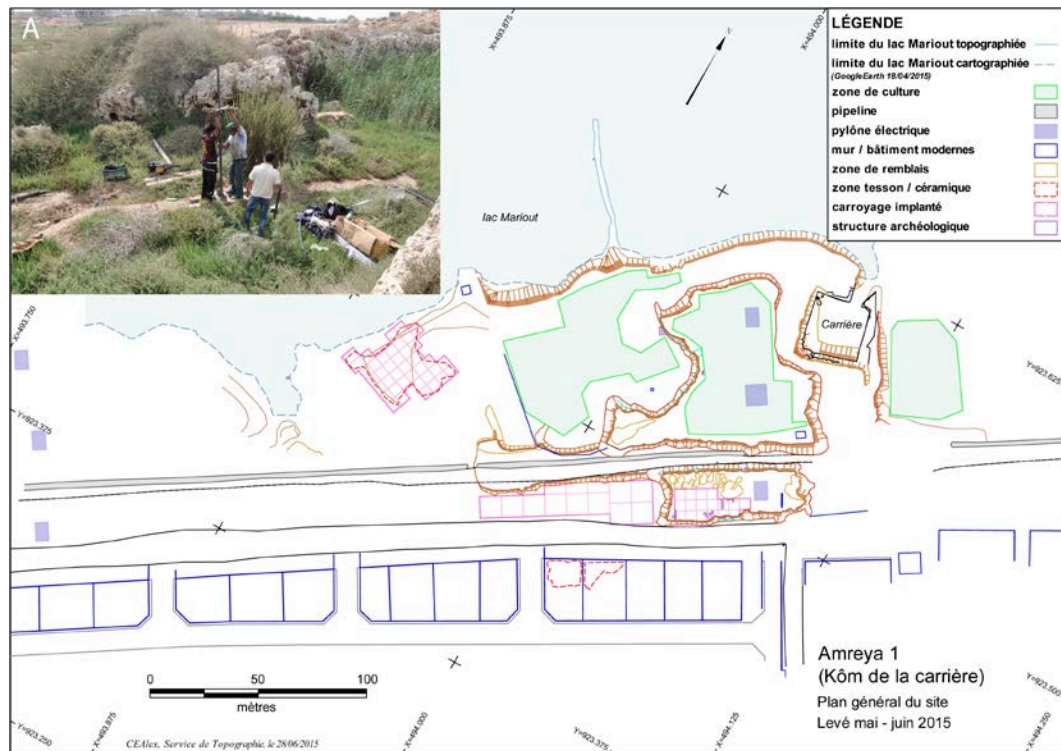


Fig. 2. Plan topographique d'Amreya 1 (GMR0005), où ont été localisées les actions destructrices du site (percée du kôm par le pipeline, installation des pylônes à haute tension, mise en culture, remblaiement).

C. SHAALAN, I. AWAD © CEALex/CNRS.

En encadré [A], carottage effectué à l'entrée de la carrière, vue depuis l'ouest. Cliché V. PICHOT © CEALex/CNRS.

La cartographie : choix et exploitation des données

La cartographie est l'une des bases du SIG. Elle regroupe trois catégories de documents : les cartes anciennes, les cartes récentes et les images satellitaires. Sélectionné selon leur pertinence, un ensemble de documents cartographiques a été géoréférencé avec le logiciel ArcGIS. Parmi les cartes anciennes couvrant la zone de la Maréotide, nous avons sélectionné l'une des cartes réalisées par les savants de l'Expédition d'Égypte entre 1798 et 1801⁹ et la carte de Mahmoud Bey el-Falaki de 1866¹⁰. Elles indiquent des centaines de sakihs (systèmes d'adduction d'eau) et de puits, ainsi que des ruines.

Parmi les cartes modernes, les cartes topographiques éditées par le *Survey of Egypt* de 1914 (1/50.000^e, *Atlas Lower Egypt*) sont des documents précieux pour l'indication des très nombreux karms (structures anthropiques rectangulaires) de grandes dimensions (entre 500 m et 2 km), qui sont vraisemblablement les restes d'anciens vignobles. D'autres séries de cartes réalisées par le *Survey of Egypt* pendant la première

⁹ « Alexandrie », 1/100.000^e, publiée dans *Description de l'Égypte ou recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Égypte pendant l'expédition de l'Armée Française publié par les ordres de Sa Majesté l'empereur Napoléon le Grand*, Carte topographique de l'Égypte, Feuille 37, Paris, ca 1818.

¹⁰ « Carte des environs d'Alexandrie, contenant le lac Maréotis, ceux d'Aboukir et d'Edkou ainsi que les anciens cours d'eaux et les villes dont les emplacements y sont déterminés par mes propres recherches », dressé par « Mahmoud-Bey, Astronome de S.A. le Vice-Roi d'Égypte », 1/200.000^e, 1866.

moitié du XX^e siècle ont été géoréférencées, telles que la série des années 1940 à l'échelle 1/25.000^e et la série des années 1920-1930 à l'échelle 1/100.000^e. La dernière série de cartes de la région, éditée également par le *Survey of Egypt*, date des années 1990. Malheureusement, la précision et les éléments reportés sont moindres par rapport à la série à la même échelle de l'*Atlas Lower Egypt* de 1914.

L'imagerie satellitaire est une autre source cartographique essentielle à ce programme, tant en phase d'étude, en amont des prospections pédestres et lors du déroulement de ces dernières, qu'en traitement des données de terrain. Sur le terrain, une tablette nomade enregistre des points GPS et des parcours. Elle permet également de guider sur un fond d'images satellitaires la recherche de points ciblés, sélectionnés au préalable. Il s'agit d'un outil précieux dans cette zone en pleine mutation et dont la cartographie n'est pas actualisée. En retour de prospection, une première utilisation d'image satellitaire a été menée à partir de l'application Google Earth, afin de reporter les points GPS de terrain et d'étudier les sites. Les images satellitaires, issues de la bibliothèque d'images de Google Earth, témoignent de l'évolution de la zone sur la période récente, et à différentes saisons, avec un niveau de détail relativement important. Toutefois, des inconvénients des images Google Earth¹¹ nous ont conduits à acquérir cinq images satellitaires SPOT, dans le cadre du programme ISIS¹², dont deux de la zone de la Maréotide de 2004 et de 2011. Ces dates sont d'autant plus précieuses qu'elles couvrent des saisons différentes influant sur le couvert végétal et donc sur la visibilité de sites archéologiques. Les deux images permettent de mettre en valeur les nombreux changements de la dernière décennie, qui ont été particulièrement dévastateurs pour l'archéologie et l'environnement. Une autre image satellitaire de 1968 du satellite CORONA¹³ vient compléter le corpus de manière appréciable pour cette période sans données cartographiques.

Après cette étape de géoréférencement des cartes sous ArcGIS, un autre travail de sélection, de digitalisation et de renseignements des informations cartographiques a été entrepris. À défaut de cartes mises à jour, les images satellitaires SPOT permettent d'avoir une cartographie récente de la zone. Des éléments sélectionnés ont été digitalisés : la côte marine, les routes principales, les limites du lac Mariout et ses différents types d'occupation (salines, bassins de pisciculture, etc.). La digitalisation des documents cartographiques permet de porter une attention particulière sur toutes les informations, de les différencier suivant leur nature, leur fonction par la création de couches et de créer un support clair sur lequel peuvent être greffées d'autres couches d'informations. Des données attributaires sont associées aux éléments digitalisés, comme les toponymes ou les mentions portées sur les cartes. L'étude des cartes anciennes et récentes a permis d'analyser l'évolution des limites du lac et de relever les indicateurs archéologiques, tels que ruines, puits, kôms (monticules artificiels), karms et cavités. L'étape suivante consiste au report des données cartographiques sur le fond satellitaire (fig. 3).

¹¹ Décalage non négligeable des dalles d'une période à une autre (jusqu'à plusieurs dizaines de mètres) et angles de prise de vue.

¹² Incitation à l'utilisation Scientifique des Images SPOT, <http://www.isis-cnes.fr/>.

¹³ Image du 09/11/1968, téléchargée le 29/03/2015, via le site <http://corona.cast.uark.edu/atlas#zoom=5¢er=4250000,3600000>.

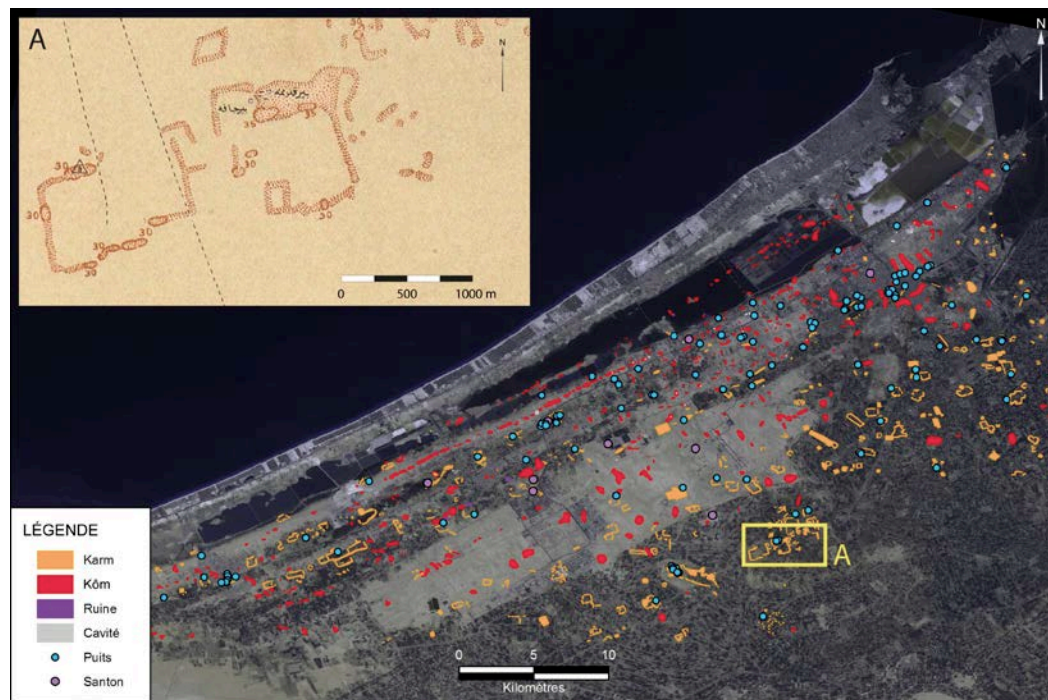


Fig. 3. Report des éléments digitalisés des cartes de l'Atlas Lower Egypt (Survey of Egypt, 1914, 1/50.000^e) sur l'image SPOT de 2011. I. AWAD © CEALex/CNRS (fond de plan : données SPOT/Programme ISIS © CNES).

En encadré [A], un extrait de la planche 47 de l'Atlas Lower Egypt. © CEALex/CNRS.

La base de données relationnelles GEOMAR

Le deuxième socle de données, constitué parallèlement à la cartographique, est l'établissement d'une base de données relationnelle de collecte d'informations, créée avec le logiciel File Maker Pro. Elle a cinq sources principales d'acquisition de données : les cartes, les prospections anciennes et actuelles, les fouilles, la bibliographie¹⁴ et les archives du CEALex mais aussi d'archéologues ayant travaillé sur la zone et nous donnant accès à leurs informations. Les données sont réparties en quatre grands groupes : informations générales concernant le site, données cartographiques, données archéologiques et données paléo-environnementales. Il s'agit de données descriptives, auxquelles s'ajoutent la documentation photographique et les dessins et plans (site et mobiliers). À ce jour (30 juin 2016), 105 sites archéologiques ou de carottages ont été documentés.

Constitution d'un SIG

Les informations issues du géoréférencement des cartes et celles intégrées dans la base de données File Maker Pro, ont été réunies lors de l'année 2016 sous la forme d'un SIG¹⁵, qui permettra à terme une analyse spatiale et temporelle de toutes les données socio-environnementales. Cet outil est utile pour les études futures, et indispensable pour la gestion du patrimoine de la région d'Alexandrie.

Au fur et à mesure de la prospection sur le terrain, les sites inventoriés sont positionnés sur cette superposition de cartes, grâce à des relevés au GPS.

¹⁴ 210 titres ont déjà été collectés, avec la mise en place d'une bibliothèque virtuelle propre à l'équipe.

¹⁵ Ramm 2016.

Le SIG a été développé sous le logiciel libre QGIS. Un lien vers une base de données PostGreSQL permet d'accéder aux données importées de la base File Maker Pro. Il est alors possible de réaliser des requêtes sur plusieurs tables, requêtes spatiales et attributaires (chronologie, fonction, toponymie, ...) et de mener des études spatiales. Par exemple, visualiser les karms associés à un puits ou sélectionner les sites recensés dans un périmètre donné des puits signalés sur les cartes de 1914.

Une démarche prospective

À terme, l'objectif est, par ces allers-retours entre les données cartographiques, les images satellitaires, le terrain et les données archéologiques, de dégager un lien entre le terrain et la cartographie, de cibler des contrôles sur le terrain, d'adopter une démarche prospective à partir de reconnaissance d'éléments graphiques qui ont été corrélés avec des vestiges archéologiques et de définir des zones comme prioritaires pour les prochaines prospections pédestres.

Nous avons ainsi confronté les données issues de la cartographie aux observations de terrain. À titre d'exemple, l'examen des structures sur le terrain du site Tabet Soweiha (GMR0001) révèle un grand établissement d'époque romaine tardive (V^e siècle ap. J.-C.) comprenant une partie balnéaire au sud et une partie domestique au nord, qui s'est installée sur un dépotoir d'amphores du Haut Empire. Il apparaît sur la carte de Falaki (1866) 20 fois plus étendu que les limites actuelles, avec l'appellation « Ruines appelées la ville ou al-madinah », et légèrement décalé vers l'est et deux fois plus étendu sur l'*Atlas Lower Egypt* (1914) (fig. 4). Quant au site Acdimia (GMR0003), fouillé en 2013-2014 par le Service des Antiquités égyptiennes, il révèle une villa agricole avec un pressoir à vin et des structures attenantes (II^e siècle av. J.-C.-II^e siècle ap. J.-C.). L'emplacement de ce site coïncide, sur la carte de Falaki, avec une très grande structure de 1 km sur 750 m, nommée « Ruines appelées le château ». Le site ne représente plus que 5 % de la surface de la zone représentée il y a 150 ans par Falaki.

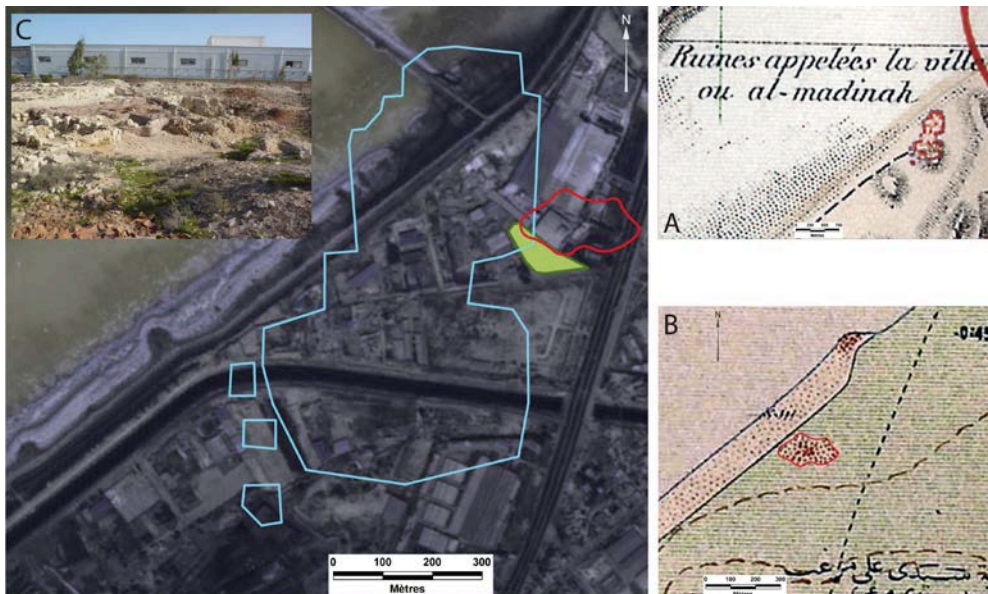


Fig. 4. Comparaison des délimitations du site de Tabet Soweiha (GMR0001) depuis 150 ans : l'emprise actuelle (en vert), la limite représentée par Mahmond Bey el-Falaki en 1866 (en bleu, extrait de la carte [A]) et celle figurant sur la carte de l'*Atlas Lower Egypt* de 1914 (en rouge, extrait de la carte [B]). I. AWAD © CEAlex/CNRS (fond de plan : image SPOT de 2011, données SPOT/Programme ISIS © CNES). En encadré [C], vue générale depuis l'ouest sur l'ensemble du site : bâtiment, bains, carrière et dépotoir. Cliché I. AWAD © CEAlex/CNRS.

Après le report des éléments digitalisés des cartes anciennes, sur le fond de plan moderne satellitaire, deux cas de figure se présentent : la disparition des éléments ou la persistance des structures dans le tissu rural. On remarque dans certains cas, que les villages se sont installés sur l'emprise de structures représentées sur les cartes anciennes. Par exemple, des tells (collines) sur les îles du lac Mariout en 1914 ont été cristallisés dans le parcellaire actuel, et correspondent aujourd'hui à des villages au milieu des terres agricoles. En remontant jusqu'à la carte de l'Expédition d'Égypte, on s'aperçoit que ces limites ont des formes similaires à certaines îles. Ces éléments mériteront une visite sur place.

Le cas induit par le site de Qasimiya (GMR0066) vient illustrer ces allers-retours entre la cartographie ancienne, la prospection sur le terrain et l'état actuel, via l'imagerie satellitaire. En premier lieu, lors de la prospection sur le terrain une nécropole a été recensée sur la ride III dite du Gebel Mariout. La deuxième étape consiste en l'étude de sa représentation sur les cartes anciennes. Cette nécropole apparaît comme une grotte sur la carte des années 1940. On recherche ensuite les lieux représentés de manière analogue, sur la même série de carte. Sur ArcGIS ou QGIS, à partir des éléments digitalisés de la série de cartes du *Survey of Egypt* des années 1940, on procède à la sélection des grottes. On remarque alors deux grottes, à 2 km environ à l'est. L'étape suivante est le report sur l'imagerie satellitaire afin d'examiner si ces éléments existent encore aujourd'hui et d'estimer la probabilité d'un site archéologique. Cette analyse permet de définir une cible pour une prochaine prospection sur le terrain.

En conclusion

Dans le cadre de ce programme, plusieurs travaux se poursuivent en parallèle, tant au bureau que sur le terrain. Des études continuent d'être menées à partir d'analyses systématiques de plusieurs séries de cartes. Il sera possible de réaliser d'autres études spatiales, afin de cibler des sites pour les prospections des années à venir. Les prospections sur le terrain permettront de compléter les informations sur certains sites, et d'en inventorier de nouveaux. Par ailleurs, le travail sur le SIG va continuer par le développement d'une interface plus conviviale pour les requêtes. Enfin, des études ciblées se poursuivent, comme celle de « La Maréotide à l'époque hellénistique » et celle spécialement consacrée à l'aspect cartographique de la zone « La marge occidentale du delta du Nil. Système d'Information Géographique et mise en valeur du patrimoine naturel et historique face au développement économique »¹⁶.

Bibliographie

I. AWAD, « A study of the evolution of the Maryut Lake through maps », dans L. Blue (éd.), *Lake Mareotis: Reconstructing the Past, Proceedings of the International Conference on the Archaeology of the Mareotic Region Held at Alexandria University, Egypt 5th-6th April 2008*, University of Southampton Series in Archaeology 2, BAR S2113, Oxford, 2010, p. 11-33.

I. AWAD, *L'analyse numérique de la carte d'utilisation du sol dans la région du lac Mariout pendant la deuxième moitié du XX^e siècle*, thèse de magistère, Université d'Alexandrie, 2011 (document en arabe).

¹⁶ Dans le cadre de thèses de doctorat, dirigées par J.-Y. Empereur, respectivement menées par V. Pichot et I. Awad (Université Lumière Lyon II).

J.-Y. EMPEREUR, « Région du Mariout », dans J. Leclant, « Fouilles et travaux en Égypte et au Soudan, 1981-1982 », *Orientalia* 52, 1983, p. 462-463.

J.-Y. EMPEREUR, M. PICON, « Les ateliers d'amphores du Lac Mariout », dans J.-Y. Empereur (éd.), *Commerce et artisanat dans l'Alexandrie hellénistique et romaine (Athènes, 1988)*, *BCH Suppl.* 33, 1998, p. 75-91.

M.-D. NENNA, « Les actions du Centre d'Études Alexandrines en 2014-2015 », dans L. Bavay, N. Michel (éds.), *Rapport d'activité de l'IFAO 2014-2015*, en ligne : http://www.ifao.egnet.net/uploads/rapports/Rapport_IFAO_2014-2015.pdf, p. 281-291.

V. PICHOT, « Marea Peninsula: Occupation and Workshop Activities on the Shores of Lake Mariout in the Work of the CEAlex (CNRS USR 3134) », dans L. Blue (éd.), *Lake Mareotis: Reconstructing the Past, Proceedings of the International Conference on the Archaeology of the Mareotic Region held at Alexandria University, Egypt, 5th-6th april 2008*, University of Southampton Series in Archaeology 2, BAR S2113, Oxford, 2010, p. 57-66.

V. PICHOT, « La Maréotide : région fertile de la chôra alexandrine, carrefour du commerce à l'époque gréco-romaine », dans A. Esposito, G. Sanidas (éd.), *Quartiers artisanaux en Grèce ancienne : une perspective méditerranéenne*, Lille, 2012, p. 81-104.

V. PICHOT, Cl. FLAUX, « Les fours à amphores du Haut-Empire du site d'Akadémia (Maréotide) : campagne de fouille et de carottages 2014 », *Bulletin de Céramique Égyptienne (BCE)* 25, 2015, p. 259-276.

V. PICHOT, K. ŞENOL, « The Site of Akademia: The Amphora Workshop of Apol(l)ônios. First Excavation Campaign (July-August 2012) », *BCE* 24, 2014, p. 225-239.

V. PICHOT, K. ŞENOL, « Amphores de Gaza et résine sur le site de production d'amphores du Haut-Empire d'Akadémia (Maréotide) », *BCE* 25, 2015, p. 277-289.

A. RAMM, *Conception et implémentation d'un SIG pour la réalisation d'une carte archéologique et paléo-environnementale de la Maréotide (Égypte)*, rapport de stage, Master 2 Géomatique, Université de Toulouse, septembre 2016, <http://sigma.univ-toulouse.fr>.