



Recommendations for best practices in data acquisition methods for natural and cultural heritage management of Moroccan coastal wetlands

Recommandations pour les bonnes pratiques en matière de méthodes d'acquisition de données pour la gestion du patrimoine naturel et culturel des zones humides côtières marocaines

Athena Trakadas, Nadia Mhammdi, editors/éditeurs

CBDAMM Project
Esbjerg, Denmark/Danemark
Rabat, Morocco/Maroc

Recommendations for best practices in data acquisition methods for natural and cultural heritage management of Moroccan coastal wetlands/

Recommandations pour les bonnes pratiques en matière de méthodes d'acquisition de données pour la gestion du patrimoine naturel et culturel des zones humides côtières marocaines

Editors/Éditeurs

Athena Trakadas, Nadia Mhammdi

Authors/Auteurs

Ayoub Filali Zegzouti, David Gregory, Ziad Al-Hamdani, Lloyd C. Huff, Jørn Bo Jensen, Azzedine Karra, Martin M. Larsen, Nadia Mhammdi, Athena Trakadas

Translations/Traduction

Nadia Mhammdi, Zaïneb Belkhayat, Malika Ait M'hand, Athena Trakadas, Ayoub Filali Zegzouti

Photographs and images, if not specifically noted/Les photographies et les images, sinon spécifiquement notées

© CBDAMM Project

Graphic design and DTP/Conception graphique et DTP

© Athena Trakadas

ISBN/EAN: 978-1-78969-150-4

e-ISBN/e-EAN: 978-1-78969-151-1

Copyright/Droits d'auteur

CBDAMM Project

Esbjerg, Denmark/Danemark

Rabat, Morocco/Maroc

2018



ARCHAEOPRESS PUBLISHING LTD

Summertown Pavilion

18-24 Middle Way

Summertown

Oxford OX2 7LG

www.archaeopress.com

Cover image: Mouth of the Oued Bouregreg, at the Kasbah des Oudayas, Rabat, 2016.

Image de couverture: L'embouchure de l'Oued Bouregreg, à la Kasbah des Oudayas, Rabat, 2016.

Photo, p. ii: Side-scan sonar survey in the Oued Bouregreg, Chellah/Sala, October 2016.

Photo, p. ii: Levé du sonar à balayage latéral dans l'Oued Bouregreg, Chellah/Sala, octobre 2016.

CONTENTS

TABLE DES MATIÈRES

ACKNOWLEDGEMENTS/REMERCIEMENTS	iii
<i>Athena Trakadas, Nadia Mhammdi</i>	
1. INTRODUCTION/INTRODUCTION	1
<i>Athena Trakadas, Nadia Mhammdi</i>	
2. BEST PRACTICES IN HYDROGRAPHIC SURVEYS/LES BONNES PRATIQUES DANS LES ÉTUDES HYDROGRAPHIQUES	15
<i>Lloyd C. Huff</i>	
3. BEST PRACTICES IN MARINE GEOLOGICAL SURVEYS/LES BONNES PRATIQUES DANS LES ÉTUDES GÉOLOGIQUES MARINES	35
<i>Nadia Mhammdi, Zyad Al-Hamdani, Jørn Bo Jensen</i>	
4. BEST PRACTICES IN MARINE BIOLOGICAL AND TOXICOLOGICAL SURVEYS/LES BONNES PRATIQUES DANS LES ÉTUDES BIOLOGIQUES ET TOXICOLOGIQUES MARINES	53
<i>Martin M. Larsen, Ayoub Filali Zegzouti, David Gregory</i>	
5. BEST PRACTICES IN MARITIME ARCHAEOLOGICAL SURVEYS/ÉTUDES ARCHÉOLOGIQUES MARITIMES ET LA GESTION DU PATRIMOINE	71
<i>Athena Trakadas, Azzedine Karra, David Gregory</i>	
APPENDICES/ANNEXES	
A. CBDAMM PROJECT PARTNERS/PARTENAIRES DU PROJET CBDAMM	87
B. PHD & MA THESES THE CBDAMM PROJECT/THÈSES DOCTORANTES ET MASTER DU PROJET CBDAMM	89



ACKNOWLEDGMENTS

REMERCIEMENTS

Athena Trakadas, Nadia Mhammdi

The CBDAMM Project (*Capacity Building of Data Acquisition Methods with a view to promoting natural and cultural heritage management practices in Morocco; 2016-17*) is funded by the FACE programme (Fund for Academic Cooperation and Exchange between Denmark and the Arab World), under the Danish-Arab Partnership Program, Ministry of Foreign Affairs of Denmark. We are grateful for their support. In addition, the project would not have been possible without the generous assistance of numerous individuals. We are especially grateful to the following:

Morocco

The Scientific Institute, University Mohammed V-Rabat, Morocco (SIUMV), for their assistance during the CBDAMM Project and its fieldwork:

Prof. Mohammed Fekhaoui, Director, SIUMV

Prof. Abdellatif Bayed, Vice-director in Charge of Research, SIUMV

Prof. Abdelkrim Rimi, Head of the Earth Sciences Department, SIUMV

Mr. Aziz El Khayari, technician, SIUMV

Le projet CBDAMM (*Renforcement des capacités des méthodes d'acquisition de données en vue de promouvoir les pratiques de gestion du patrimoine naturel et culturel au Maroc; 2016-17*) est financé par le programme FACE (Fonds de coopération académique et échange entre le Danemark et le monde arabe), du Danish-Arab Partnership Program, du Ministère des affaires étrangères du Danemark. Nous les remercions pour leur soutien. Le projet n'aurait pas été possible sans l'aide généreuse de nombreuses personnes. Nous sommes particulièrement reconnaissants à ceux qui suivent:

Maroc

L'Institut Scientifique, Université Mohammed V (UMV) pour toute l'aide prodiguée pendant le projet et lors des missions de terrain:

Pr. Mohammed Fekhaoui, Directeur de l'Institut Scientifique, UMV

Pr. Abdellatif Bayed, Vice-directeur chargé de la recherche, l'Institut Scientifique, UMV

Pr. Abdelkrim Rimi, Chef de Département des Sciences de la Terre, l'Institut Scientifique, UMV

Mr. Aziz El Khayari, technicien, l'Institut Scientifique, UMV

Ambassador Jørgen Molde, Embassy of Denmark, Rabat
Mr. Reda Bajoudi, Embassy of Denmark, Rabat
Mr. Amine Benmimoun, Marina Bouregreg, Salé
Mr. Abdelfettah Bzioui, Cap Loisir, Salé
Mr. Gilles Macé, Le Dhow Restaurant, Rabat
Hotel Le Pietri, Rabat

We also thank the following for their interest in the project:

Ms. Charafat Afilal, Secretary of State for Water, Rabat
Mr. Mohamed Hassad, Minister of National Education, Vocational Training, Higher Education and Scientific Research, Rabat
Mr. Abdelmalek Faraj, General Director, National Institute for Halieutic Research, Casablanca

Denmark

Ambassador Khadija Rouissi, Embassy of Morocco, Copenhagen
Mr. Ali Hajji, Embassy of Morocco, Copenhagen
Ms. Mouna Mouline, Embassy of Morocco, Copenhagen
Ms. Helle Kildebæk Raun, University of Southern Denmark, Esbjerg
Ms. Tinna Damgaard Sørensen, Viking Ship Museum, Roskilde
Dr. Matthew Owen, Geological Survey of Denmark and Greenland, Aarhus
Dr. Ole Bennicke, Geological Survey of Denmark and Greenland, Aarhus
Dr. Peter Rasmussen, National Museum of Denmark, Brede
Dr. Kristiane Strætkvern, National Museum of Denmark, Brede
Dr. Yvonne Shashoua, National Museum of Denmark, Brede
Mr. Kaspar Sparvath, Danish Agency for Culture and Palaces, Copenhagen

We would also like to acknowledge the support of the UNESCO Underwater Cultural Heritage Office and the UNESCO UNITWIN Network for Underwater Archaeology (Paris).



Mr. Jørgen Molde, Son excellence l'Ambassadeur du Denmark au Maroc, Rabat
Mr. Reda Bajoudi, ambassade du Danemark au Maroc, Rabat
Mr. Amine Benmimoun, Marina Bouregreg, Salé
Mr. Abdelfettah Bzioui, Cap Loisir, Salé
Mr. Gilles Macé, Le Dhow Restaurant, Rabat
Hotel Le Pietri, Rabat

Nous remercions également pour nous avoir reçu et pour leur intérêt à ce projet:
Mme Charafat Afilal, Secrétaire d'État chargée de l'eau, Rabat
Mr. Mohamed Hassad, Ministre de l'Éducation nationale, de la formation professionnelle, de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, Rabat
Mr. Abdelmalek Faraj, Directeur général, l'Institut national de recherche halieutique, Casablanca

Danemark

Mme. Khadija Rouissi, Son excellence l'Ambassadrice du Maroc au Danemark, Copenhague
Mr. Ali Hajji, ambassade du Maroc au Danemark, Copenhague
Mme. Mouna Mouline, ambassade du Maroc au Danemark, Copenhague
Mme. Helle Kildebæk Raun, University of Southern Denmark, Esbjerg
Mme. Tinna Damgaard Sørensen, Viking Ship Museum, Roskilde
Dr. Matthew Owen, Geological Survey of Denmark and Greenland, Aarhus
Dr. Ole Bennicke, Geological Survey of Denmark and Greenland, Aarhus
Dr. Peter Rasmussen, National Museum of Denmark, Brede
Dr. Kristiane Strætkvern, National Museum of Denmark, Brede
Dr. Yvonne Shashoua, National Museum of Denmark, Brede
Mr. Kaspar Sparvath, Danish Agency for Culture and Palaces, Copenhague

Nous souhaitons également remercier, le Bureau du patrimoine culturel subaquatique de l'UNESCO et le réseau UNESCO UNITWIN de l'archéologie sous-marine (Paris).

(facing page) "Recommendations towards natural and cultural heritage management strategies for Moroccan coastal wetlands: a CBDAMM preliminary working seminar," Rabat, Morocco, 5-6 May, 2017

(en face) "Recommandations aux stratégies de gestion du patrimoine naturel et culturel pour les zones humides côtières marocaines: un séminaire de travail préliminaire CBDAMM," Rabat, Maroc, 5-6 mai, 2017

(next page) The Oued Bouregreg, looking upriver to Rabat's 12th-century Tour Hassan, 2016.
(page suivante) L'Oued Bouregreg, regardant vers l'amont de Rabat, à la Tour Hassan datée du 12^{ème} siècle, 2016.



1.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Athena Trakadas, Nadia Mhammdi

As part of the CBDAMM Project (*Capacity Building of Data Acquisition Methods with a view to promoting natural and cultural heritage management practices in Morocco*), a set of recommendations for the processes of acquiring data in marine environments and coastal wetlands has been established for Moroccan stakeholders.

This pamphlet, *Recommendations for best practices in data acquisition methods for natural and cultural heritage management of Moroccan coastal wetlands*, aims to outline the functional procedures for conducting scientific coastal marine surveys in the Moroccan context. This pamphlet outlines the requirements, methods, and practices of the four scientific fields that rely on shared data from such surveys: hydrography, marine geology, marine biology and toxicology, and maritime archaeology and heritage management. The content is derived from workshops, study visits, and fieldwork surveys carried out during the CBDAMM Project, utilising the specific case-study of the Oued Bouregreg, a tidal river and wetland that runs between the urban centres of Rabat and Salé, on the Atlantic coast of Morocco.

Dans le cadre du projet CBDAMM (*Renforcement des capacités des méthodes d'acquisition de données en vue de promouvoir les pratiques de gestion du patrimoine naturel et culturel au Maroc*), un ensemble de recommandations pour les processus d'acquisition de données dans les milieux marins et les zones humides côtières a été établi pour les parties prenantes marocaines.

Cette brochure, intitulée *Recommandations pour les bonnes pratiques en matière de méthodes d'acquisition de données pour la gestion du patrimoine naturel et culturel des zones humides côtières marocaines*, vise à décrire les procédures fonctionnelles pour mener des études côtières scientifiques dans le contexte marocain. Cette brochure décrit les exigences, les méthodes et les pratiques des quatre domaines scientifiques qui reposent sur des données partagées provenant de ces investigations: hydrographie, géologie marine, biologie marine et toxicologie, archéologie maritime et gestion du patrimoine. Le contenu résume les ateliers, les séjours scientifiques et les recherches sur le terrain menées au cours du projet CBDAMM, avec pour étude de cas spécifique: Oued Bouregreg, une rivière à marée semi-diurne de type mésotidal et une zone humide qui s'étend entre les centres urbains de Rabat et Salé, sur la Côte Atlantique du Maroc.

THE CBDAMM PROJECT

The CBDAMM Project, undertaken in 2016-17, aims to address a key component of natural and cultural heritage management: carrying out cost-effective data acquisition in order to create a better basis for decisions affecting the sustainability of Morocco's coastal wetlands.

In Morocco, steady economic growth over recent decades has led to an increase of public infrastructural projects and both planned and unplanned private sector development. A majority of these ventures centre on the country's most populous and industrialised areas that lie near coastal wetlands, which are dynamic, yet fragile zones of vibrant marine and terrestrial ecosystems (Snoussi et al. 2009).

These wetlands provide natural resources, and are significant culturally, with archaeological evidence of their use as transport corridors, fishing grounds, and habitats over millennia. Human encroachment threatens the natural wetland processes and puts their delicate balance at risk. The deterioration and loss of the wetlands' natural and cultural resources are estimated to cost over 10% of Morocco's GDP (Bousta 2010; Tarradell 2004; UNDP/PNUD 2002). The result is a negative impact on local communities, ultimately affecting their cultural identity, as well as their potential for socio-economic growth through sustainable tourism, urban renewal, and general living standards.

The need for more effective management of these impacts, however, has not gone unnoticed. Policy makers have passed legislation aimed at protecting and managing natural and cultural resources in Moroccan coastal wetlands. As of 2017, 24 "Ramsar Convention on Wetlands of International Importance" zones have been designated, but do not include those near large urban centres. An Integrated Water Resources Master Plan was ratified in 2000; the UN 2001 Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage was ratified in 2011 (RAMSAR n.d.; Khattabi 2008; UNESCO n.d., a). An Integrated Coastal Zone Management (ICZM) law was passed in 2015: Article 2 of Law No. 81-12 includes wetlands, and stipulates the "1) Coastal zone: the coastal zone constitutes the sea side: territorial waters as defined by the provisions of the *dahir* (decree) bearing the law no. 1-73-211 of 26 *moharrem* 1393 (2 March 1973) fixing the limit of territorial waters; and the land: the public domain as set out in Article 1 (a) of the *dahir* of 7 *chaabane* 1332 (1 July 1914) on the public domain and estuaries, bays, ponds, *sebkhas*, lagoons, salt marshes, wetlands communicating with the sea and coastal dune areas" (MME 2015).

Even with these new environmental and cultural heritage preservation policies, the required impact assessment studies or management plans are usually desk-based, which rely on data that are often generalised and possibly even out of date.

The main reasons for this are a lack of administrative capacity (simply manpower), expertise and tools to undertake such studies (Maggi 2012; Erbaty 2011; Trakadas 2012). There is a clear need to invest in developing the capacity of researchers in Morocco to carry out the studies necessary for the implementation of new legislation. If impacts are not actively identified and assessed, they cannot be managed and mitigated. As result, unique natural and cultural heritage may be damaged and be irretrievably lost to future generations of Moroccans.

LE PROJECT CBDAMM

Le projet CBDAMM, mené en 2016-17, vise à aborder un élément clé de la gestion du patrimoine naturel et culturel: la réalisation d'une acquisition de données fiable afin de créer une meilleure base pour les décisions qui influent sur la durabilité des zones humides côtières marocaines.

Au Maroc, une croissance économique constante au cours des dernières décennies a entraîné une augmentation des projets d'infrastructures publiques et du développement du secteur privé planifié et anarchique. La majorité de ces projets se concentrent sur les régions les plus peuplées et industrialisées du pays, situées à proximité des zones humides côtières, qui sont dynamiques, mais qui sont des zones marines vibrantes et des écosystèmes terrestres fragiles (Snoussi et al. 2009).

Ces zones humides fournissent des ressources naturelles et mais sont aussi très importantes sur le plan culturel, en effet, des preuves archéologiques de leur utilisation comme couloirs du transport, zones de pêche et habitats au cours des millénaires sont bien documentées. L'empiétement humain menace les processus naturels des zones humides et met en danger leur délicat équilibre. La détérioration et la perte des ressources naturelles et culturelles des zones humides sont estimées à plus de 10% du PIB du Maroc (Bousta 2010; Tarradell 2004; UNDP/PNUD 2002). Ceci a un impact négatif sur les communautés locales, en affectant, leur identité culturelle, ainsi que leur potentiel de croissance socio-économique.

Cependant, la nécessité d'une gestion plus efficace de ces impacts a été prise en considération. Les décideurs politiques ont adopté une loi visant à protéger et à gérer les ressources naturelles et culturelles dans les zones humides côtières marocaines. En 2017, 24 zones "Convention de Ramsar sur les zones humides d'importance internationale" ont été



Danish research institutions have also faced these same issues regarding coastal wetlands in Denmark, and are in the process of developing and refining integrated, multi-disciplinary methods for assessing impacts to natural and cultural heritage within the framework of international and national legislation (Kørnøv et al. 2005; MEFD n.d.). By partnering Danish and Moroccan researchers with common interests and goals, the CBDAMM Project aims to create dialogue and cooperation between these parties, through addressing a key component of heritage management: carrying out cost-effective and transferable data acquisition in order to assist with the active preservation of natural and cultural resources.

The CBDAMM Project's starting point takes advantage of the complementary nature of four marine science disciplines: 1) hydrography; 2) marine geology; 3) marine biology and toxicology; and 4) maritime archaeology and heritage management.

Within these disciplines, the same non-invasive data acquisition tools are used, but the resulting analyses are applied in different ways. For example, sub-bottom profiles used by marine geologists to identify modern and historical sediment deposits and storm events within a wetland can be used by maritime archaeologists to identify buried man-made structures such as shipwrecks and harbour structures.

THE CBDAMM PROJECT'S THREE MAIN OBJECTIVES:

- 1) Exchange of expertise and training between Moroccan and Danish researchers and students in non-invasive marine sciences data acquisition methods required for impact assessment studies;
- 2) Develop a multi-disciplinary data acquisition methodology to evaluate the processes historically and currently affecting coastal wetlands in the midst of a rapidly-growing urban centre (case-study of the Oued Bouregreg, Rabat-Salé, Morocco);
- 3) Better inform the implementation of preservation management policies and plans affecting relevant target groups by disseminating the study's resulting methodology.

LES TROIS OBJECTIFS PRINCIPAUX DU PROJET CBDAMM:

- 1) Échange d'expertise et de formation entre les chercheurs marocains et danois et les étudiants dans les méthodes d'acquisition de données non invasives en sciences de la mer requises pour les études d'évaluation d'impact;
- 2) Élaborer une méthodologie multidisciplinaire d'acquisition de données pour évaluer historiquement les processus qui affectent actuellement les zones humides côtières nichés dans un centre urbain à croissance rapide (étude de cas de l'Oued Bouregreg, Rabat-Salé, Maroc);
- 3) Mieux informer la mise en œuvre des politiques et des plans de gestion de la préservation affectant les groupes cibles.

désignées, mais ne comprennent pas celles situées à proximité des grands centres urbains. Un plan directeur intégré des ressources en eau a été ratifié en 2000; La Convention des Nations Unies de 2001 sur la protection du patrimoine culturel subaquatique a été ratifiée en 2011 (RAMSAR n.d.; Khattabi 2008; UNESCO n.d., a). Et une loi sur la gestion intégrée de la zone côtière (GIZC) a été adoptée en 2015: la loi Marocaine n° 81-12 relative au littoral, a été adoptée et dont l'Article 2 stipule, au sens de la présente loi et des textes pris pour son application, on entend par: "1) *Littoral*: zone côtière constituée: côté mer: des eaux territoriales telles que définies par les dispositions du *dahir* portant loi n° 1-73-211 du 26 *moharrem* 1393 (2 mars 1973) fixant la limite des eaux territoriales; côté terre: du domaine public tel que fixé au a) de l'article premier du *dahir* du 7 *chaabane* 1332 (1 juillet 1914) sur le domaine public ainsi que des estuaires, des baies, des étangs, des sebkhas, des lagunes, des marais salants, des zones humides communiquant avec la mer et des cordons dunaires côtiers" (MME 2015).

Même avec ces nouvelles politiques de préservation du patrimoine environnemental et culturel, les études d'évaluation d'impacts requis ou les plans de gestion sont généralement réalisés dans les bureaux, ils reposent sur des données souvent généralisées et éventuellement dépassées.

Les principales raisons à cela sont le manque de capacité administrative (tout simplement la main-d'œuvre), l'expertise et les outils pour entreprendre de telles études (Maggi 2012; Erbaty 2011; Trakadas 2012). Il est clairement nécessaire d'investir dans le développement de la capacité des chercheurs au Maroc à mener les études nécessaires à la mise en œuvre de la nouvelle législation. Si les impacts ne sont pas identifiés et évalués de manière active, ils ne peuvent être gérés et atténués. En conséquence, un patrimoine naturel et culturel unique peut être endommagé et être irrémédiablement perdu pour les générations futures Marocaines.

Les établissements de recherche danois ont également fait face à ces mêmes problèmes concernant les zones humides côtières danoises et sont en train de développer et de raffiner des méthodes intégrées et multidisciplinaires pour évaluer les impacts sur le patrimoine naturel et culturel dans le cadre de la législation internationale et nationale (Kørnø et al. 2005; MEFD n.d.). En associant des chercheurs danois et marocains avec des intérêts et des objectifs communs, le projet CBDAMM vise à créer un dialogue et une coopération entre ces parties, en abordant un élément clé de la gestion du patrimoine: la réalisation d'une acquisition de données fiable et transférable d'une zone humide à une autre afin d'aider les acteurs actifs à préserver les ressources naturelles et culturelles de leur pays.

Le point de départ du projet CBDAMM profite de la complémentarité de quatre disciplines de sciences marines: 1) hydrographie; 2) géologie marine; 3) biologie marine et toxicologie; et 4) archéologie maritime et gestion du patrimoine.

Dans ces disciplines, les mêmes outils d'acquisition de données non invasifs sont utilisés, mais les analyses résultantes sont appliquées de différentes façons. Par exemple, les profils echosondeurs utilisés par les géologues marins pour identifier les dépôts de sédiments modernes et historiques aussi bien que les événements de tempête dans une zone humide peuvent être utilisés par les archéologues maritimes pour identifier les structures artificielles enterrées telles que les bateaux naufragés et les structures portuaires.

CBDAMM PROJECT ACTIVITIES, 2016-17:

October 2016: Workshop and fieldwork, Rabat and Salé (Morocco)

February 2017: Study visits to Aarhus, Esbjerg, Roskilde, Risø, Brede, and Copenhagen (Denmark)

March 2017: Workshop and fieldwork, Rabat and Salé (Morocco)

May 2017: Workshop and the conference “*Recommendations towards natural and cultural heritage management strategies for Moroccan coastal wetlands: a CBDAMM preliminary working seminar*”, Rabat (Morocco)

ACTIVITÉS DU PROJET CBDAMM, 2016-17:

Octobre 2016: Atelier et travail sur le terrain, Rabat et Salé (Maroc)

Février 2017: séjours scientifiques à Aarhus, Esbjerg, Roskilde, Risø, Brede et Copenhagen (Danemark)

Mars 2017: Atelier et travail sur le terrain, Rabat et Salé (Maroc)

Mai 2017: Atelier et conférence “*Recommandations aux stratégies de gestion du patrimoine naturel et culturel pour les zones humides côtières marocaines: un séminaire de travail préliminaire CBDAMM*”, Rabat (Maroc)

The transport and dispersal of water-born pollutants that are identified within marine biology and toxicology studies can assist marine geologists in understanding sediment deposition processes and wetland cycles. These data in turn can provide a basis for maritime archaeologists to identify the chemical and bacterial threats and their effects on submerged cultural remains. In all these studies, hydrography plays a key role by establishing the technical means by which the data are acquired in a marine environment.

By integrating data acquisition techniques and sharing interpretation results, the CBDAMM Project’s multi-disciplinary approach also is cost-effective – four research disciplines benefit from one set of research data. The content of the following four chapters of this pamphlet therefore focuses on each of the above-mentioned disciplines, which naturally supplement each other.

The CBDAMM Project is multi-sectorial and rooted in a Danish-Moroccan partnership with collective expertise in the four disciplines. The lead partners are based at university programs specialising in field-based research: Maritime Archaeology Programme, Department of History, University of Southern Denmark (MAP); and Laboratory of Geophysics and Natural Hazards, Scientific Institute, University Mohammed V-Rabat, Morocco (SIUMV). Researchers, PhD and MA students partnering in the project are from Geological Survey of Denmark

Le transport et la dispersion des polluants d'eau identifiés dans les études de la biologie marine et la toxicologie peuvent aider les géologues marins à comprendre les processus du dépôt de sédiments et les cycles des zones humides. Ces données peuvent à leur tour servir comme base pour que les archéologues maritimes puissent identifier les menaces chimiques et bactériennes et leurs effets sur les restes culturels submergés.

Dans toutes ces études, l'hydrographie joue un rôle clé en établissant les moyens techniques par lesquels les données sont acquises dans un environnement marin.

En intégrant les techniques d'acquisition de données et en partageant les résultats d'interprétation, l'approche multidisciplinaire du projet CBDAMM est également rentable: quatre disciplines de recherche bénéficient d'un ensemble de données de recherche. Le contenu des quatre chapitres suivantes de cette brochure se concentre donc sur chacune des disciplines susmentionnées, qui se complètent naturellement.

Le projet CBDAMM est multi-sectoriel et enraciné dans un partenariat danois-marocain avec une expertise collective dans les quatre disciplines. Les partenaires principaux sont basés sur des programmes universitaires spécialisés dans la recherche sur le terrain: le Programme d'archéologie maritime, du Département d'histoire, de l'Université du Danemark méridional (MAP) et le Laboratoire Géophysique et Risques Naturels, Centre de Recherche GEOPAC de l'Institut Scientifique, de l'Université Mohammed V, Rabat, le Maroc (SIUMV). Les chercheurs, les étudiants en doctorat et en maîtrise en partenariat avec le projet proviennent de la Commission Géologique du Danemark et du Groenland (GEUS), du Ministère Marocain de la Santé (MMH), du Ministère Marocain de la Culture (MMC), du Département des Biosciences, de l'Université d'Aarhus (UA), du Département de Conservation, et Musée National du Danemark (NMD). (Pour une liste complète des partenaires du projet, veuillez consulter l'Annexe A.)

Le projet CBDAMM vise à promouvoir la durabilité. Tout d'abord, l'équipement et les logiciels essentiels à la réalisation de l'acquisition de données et du traitement des données résident en permanence au Maroc. La méthodologie résultante du projet est développée avec l'évolutivité et la transférabilité comme une exigence, applicable aux près de 50 zones humides côtières menacées au Maroc (Green et al. 2002).

Deuxièmement, l'implication des étudiants de doctorat et de maîtrise dans les sciences de la mer dans tous les aspects du projet et le développement d'un programme de formation pour eux permettra à une nouvelle génération de chercheurs d'étendre leurs compétences avec un éventuel 'effet multiplicateur'. (Pour une liste complète de ces étudiants et de leurs sujets de recherche, voir l'Annexe B.) Enfin, les données acquises lors du projet serviront également de fondement pour les futures collaborations et partenariats de recherche non seulement entre les institutions marocaines mais avec les institutions danoises.

Cette brochure, en décrivant les procédures fonctionnelles et les bonnes pratiques pour mener des recherches scientifiques maritimes et côtières dans le contexte marocain, est une étape pour assurer la pérennité de cette durabilité.

Pour plus d'informations sur le projet CBDAMM, les téléchargements pertinents, les vidéos et les photos des activités, voir www.cbdamm.dk.

and Greenland (GEUS), Moroccan Ministry of Health (MMH), Moroccan Ministry of Culture (MMC), Department of Bioscience, Aarhus University (AU), and Department of Conservation, National Museum of Denmark (NMD). (For a full list of partners, please see Appendix A.)

The CBDAMM Project aims to promote sustainability. First, the equipment and software vital to carrying out the data acquisition and data processing will permanently reside in Morocco. The project's resulting methodology is developed with scalability and transferability as a requirement, thus applicable to the almost 50 coastal wetland zones identified at risk in Morocco (Green et al. 2002).

Second, the inclusion of PhD and MA students and educators in marine sciences in all aspects of the project, and the development of a training curriculum for them, will ensure that a new generation of scholars continues to expand their skill sets with a possible 'multiplier effect'. (For a full list of these students and their research subjects, see Appendix B.) Last, the data acquired during the project will also serve as the foundation for future research collaborations and partnerships not only between Moroccan institutions but with Danish institutions.

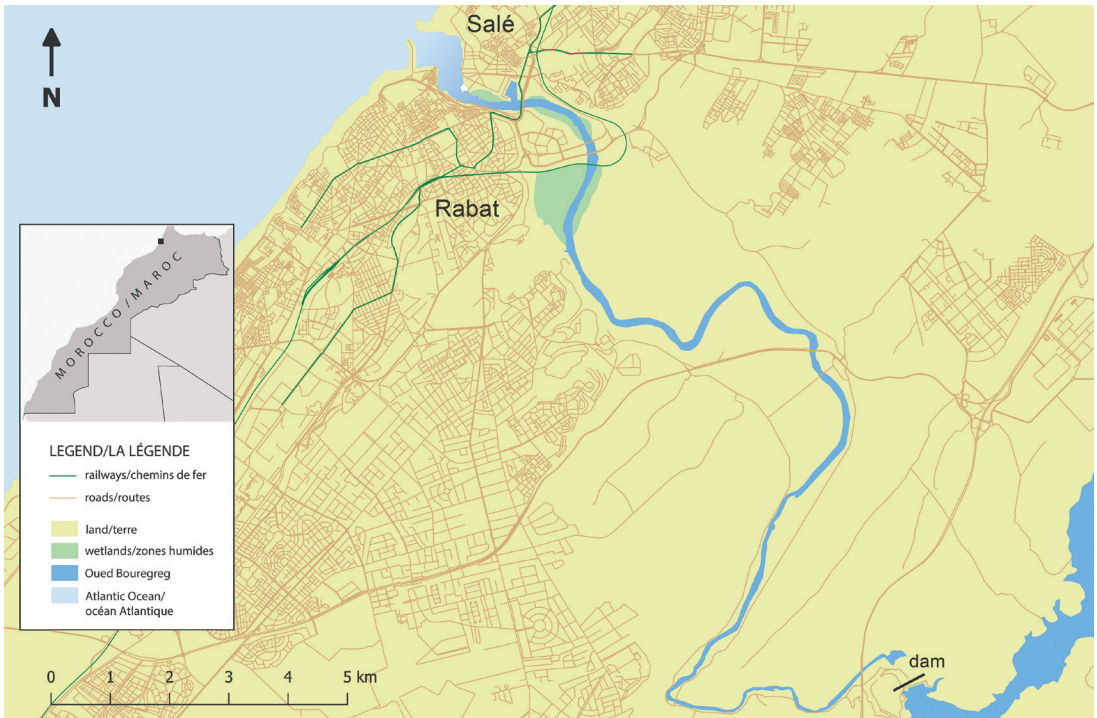
This pamphlet, in outlining the functional, best-practice procedures for conducting scientific coastal marine surveys in the Moroccan context, is a step for ensuring that this sustainability is promoted.

For more information on the CBDAMM Project, relevant downloads, videos and photos of the activities, see www.cbdamm.dk.

THE OUED BOUREGREG AS A CASE-STUDY

The Oued Bouregreg in Morocco was chosen as the case study for the CBDAMM Project for six reasons:

- 1) There is a large coastal wetland that exists at the river's mouth, bordered by the cities of Rabat and Salé (Cherkaoui et al. 2003);
- 2) The wetlands possess archaeological sites ranging from *Homo erectus* remains to medieval fortifications, with Rabat inscribed to the UNESCO World Heritage List in 2012 (UNESCO n.d., b);
- 3) Rabat and Salé have a high population density of ca. 1.2 million inhabitants, with growing pollution rates (Khattabi 2008; WB 2011);
- 4) Planned urbanisation projects such as marinas, bridges, a national theatre, and also housing can affect the wetland zone (AAVB n.d.);
- 5) The wetlands and mouth of the river are exposed and vulnerable to coastal risks, such as erosion, tsunamis, and storm events;
- 6) The wetlands are located adjacent to Rabat, where SIUMV's facilities are based.



OUED BOUREGREG COMME ÉTUDE DE CAS

L'Oued Bouregreg au Maroc a été choisie, comme étude de cas, pour le projet CBDAMM pour six raisons:

- 1) La zone humide côtière à supprimer l'embouchure de la rivière, bordée par les villes de Rabat et Salé (Cherkaoui et al. 2003);
- 2) La zone humide de l'estuaire de Bouregreg possèdent des sites archéologiques allant des vestiges d'*Homo erectus* aux fortifications médiévales, de plus Rabat est inscrite à la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO en 2012 (UNESCO n.d., b);
- 3) La démographie de Rabat et Salé a atteint 1,2 million d'habitants, avec des taux de pollution croissants (Khattabi 2008; WB 2011);
- 4) Une urbanisation galopante: projets d'urbanisation planifiés tels que les marinas, les ponts, un théâtre national et des logements pouvant affecter la région des zones humides (AAVB n.d.);
- 5) Les zones humides et l'embouchure de la rivière sont exposées et sont vulnérables aux risques côtiers, comme l'érosion, les tsunamis et les tempêtes;
- 6) De plus, le site de travail se trouve à proximité de SIUMV ce qui a facilité toute la logistique.

THE OUED BOUREGREG

The wetlands area that is the case-study of the CBDAMM Project is located in the lower Oued Bouregreg estuary (between Lat 34.03/Long -6.83 and Lat 33.93/Long -6.78). On a low plateau on the western bank of the Oued Bouregreg floodplain, 5 km upstream from the river's mouth, is the Punico-Mauretanian and Roman settlement of *Sala*. The river's mouth passes through a high dune zone near shore. A 30 m-high sandstone promontory, the Kasbah des Oudayas section of the modern city of Rabat, marks the southern mouth whilst the medieval city of Salé is situated on alluvial fill to the north (Michard 1976).

The Oued Bouregreg, the second river in Morocco, originates in the Middle Atlas Mountains. Its catchment area covers an area of 3,800 km². It is limited to the north-east by the watershed of the Oued Sebou, to the south by the Oued Oum Er-Rbia watershed, to the east by the coastal wadi basins (of Oued Cherrat, Oued Nefikh and Oued Mellah) and to the west by the Atlantic Ocean (Ben Mohammadi 1991). Geologically, the Oued Bouregreg watershed belongs to the Moroccan Massif Central, which is composed mainly of Paleozoic terrain structured by the Hercynian tectonic phases. The other formations that correspond to the Mesocenozoic cover are mainly composed of red argillites and Triassic dolerites, the latter overlying local marls, limestones and calcarenites of the Miocene. The Quaternary period is represented by fluvial conglomerate terraces, lacustrine carbonate deposits (Pleistocene) and volcanic flows.

The Oued Bouregreg corresponds to the northeastern part of the basin. Its course follows a rectilinear direction oriented SE-NW and runs over 240 km. The Middle Atlas source emerges at an altitude of ca. 1,627 m (Beaudet 1969). Its average flow rate is 23 m³/s but can reach 1,500 m³/s during floods. Along its course, 25 km from the Atlantic Ocean, it meets the Oued Grou and Oued Korifla. Since 1974, the course of the Oued Bouregreg has been modified by the 97.5 m-high Sidi Mohammed bin Abdellah dam (SMBA; Fox et al. 1997). At 23 km from its mouth, the dam is the main mechanism for mobilizing the surface waters of the basin. It ensures the supply of drinking water throughout the region of Rabat, Salé, and Casablanca. Since its construction, its water capacity has been 446 million m³, but after the dam was elevated in 2006 from to 105 m, its capacity has increased to 1,025 million m³ (MEMWE/MEMEE 2017). Like all dams in North Africa, the SMBA dam is experiencing enormous siltation problems estimated to be of the order of 2.5 mm³/year, which corresponds to an annual specific degradation of 370 t/km²/year (Lahlou 1986). Below the dam, the lower course of the river constitutes an estuary, and 5 km downstream from the dam, the lowest river tributary, the Oued Akrech, joins the Oued Bouregreg. The basin also contains seven earthen dams: Aird, Ait Lamrabtia, Bouknadel, Mahrouk and N'khila in El Khémisset, Ain Tourtoute, and Tskrame in Khénifra.

L'OUED BOUREGREG

La zone humide qui représente l'étude de cas du projet CBDAMM est située dans l'estuaire inférieur de Oued Bouregreg (entre Lat 34,03/Long -6,83 et Lat 33,93/Long -6,78). Sur un plateau bas sur la rive ouest de la plaine d'inondation d'Oued Bouregreg, à 5 km en amont de l'embouchure de la rivière, se trouve la colonie punico-mauretaine et romaine de *Salā*. L'embouchure de la rivière traverse une haute zone de dunes près de la rive. Un promontoire de grès de 30 m de haut, la section Kasbah des Oudayas de la ville moderne de Rabat, marque de l'embouchure du sud tandis que la ville médiévale de Salé est située sur le relief alluvial au nord (Michard 1976).

L'Oued Bouregreg, le deuxième fleuve du Maroc, provient de la chaîne de montagnes du Moyen Atlas. Son bassin versant couvre une superficie de 3800 km². Il est limité au Nord-Est par le bassin versant de l'Oued Sebou, au Sud par le bassin versant de l'Oued Oum Er-Rbia, à l'Est par le bassin des oueds côtiers (Oued Cherrat, Oued Nefikh, Oued Mellah) et s'ouvre à l'Ouest sur l'océan Atlantique (Ben Mohammadi 1991). Du point de vue géologique, le bassin versant du Bouregreg appartient au Massif central marocain. Ce dernier est composé principalement de terrains paléozoïques structurés par les phases tectoniques hercyniennes. Les autres terrains qui correspondent à la couverture méso-cénozoïque, sont constitués surtout par des argilites rouges et des dolérites du Trias, ces derniers surmontent localement des marnes, des calcaires et des calcarénites du Miocène. Le quaternaire est représenté par des terrasses conglomératiques fluviales, des dépôts carbonatés lacustres (Pléistocène) et des coulées volcaniques basiques.

L'Oued Bouregreg correspond à la partie nord-est du bassin. Son cours suit une direction globale rectiligne orientée SE-NW et s'étend sur une longueur de 240 km. Il prend naissance dans le massif du Moyen Atlas à une altitude de 1627 m environ (Beaudet 1969). Son débit moyen s'élève à 23 m³/s mais peut atteindre 1500 m³/s en période de crue. Sur son parcours, à 25 km de l'océan Atlantique, il rencontre l'Oued Grou et l'Oued Korifla. Depuis 1974, le cours de la rivière de Bouregreg a été modifié par le Barrage de Sidi Mohammed ben Abdellah, avec une hauteur de 97,5 m (SMBA; Fox et al. 1997). A 23 km de l'embouchure, le barrage constitue le principal dispositif existant en matière de mobilisation des eaux de surface du bassin. Il assure l'alimentation en eau potable de toute la région de Rabat, de Salé et de Casablanca. Depuis sa création, sa capacité en eau était de 446 millions de m³, mais, après les travaux de surélévation du barrage en 2006 à 105 m, celle-ci est passée à 1025 millions de m³ (MEMWE/MEMEE 2017). Comme tous les barrages situés en Afrique du nord, le barrage SMBA connaît d'énormes problèmes d'envasement qui sont estimés de l'ordre de 2,5 mm³/an, ce qui correspond à une dégradation spécifique annuelle de 370 t/km²/an (Lahlou 1986). En aval du barrage, le cours inférieur de la rivière constitue un estuaire, et à 5 km en aval du barrage, l'affluent le plus bas, l'Oued Akrech, rejoint l'Oued Bouregreg. Le bassin contient également sept barrages collinaires: Aird, Ait Lamrabtia, Bouknadel, Mahrouk et N'khila à El Khémisset, Ain Tourtoute, et Tskrame à Khénifra.

BIBLIOGRAPHY/BIBLIOGRAPHIE

AAVB (n.d.) *Agence pour l'Aménagement de la Vallée du Bouregreg*. www.bouregreg.com/ (Accessed 5/2018).

Beaudet, G. (1969) *Le plateau central marocain et ses bordures: étude géomorphologique*. Thèse de Lettres. Imprimerie française, Rabat.

Ben Mohammadi, A. (1991) *Erosion et sédimentation dans le bassin versant de l'oued Bou Regreg*. Thèse du 3ème cycle, Université Mohammed V, Rabat, Maroc.

Bousta, R.S. (2010) *Analyse et mise à jour des données disponibles sur le patrimoine culturel marocain*. UNESCO/Ministry of Culture, Rabat. www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/FIELD/Rabat/images/CLT/PDF/1939AnalyseMaroc_Activite01.pdf (Accessed 5/2018).

Cherkaoui, E., Bayed, A., & Hily, C. (2003) Organisation spatiale des peuplements macrozoobenthiques subtidiaux d'un estuaire de la côte atlantique marocaine: l'estuaire du Bouregreg. *Cahiers de biologie marine*, 44, pp. 339-352.

Erbati, E. (2011) Annexe 2: Résumé de l'activité thématique: Patrimoine culturel historique. In: Snoussi, M., ed. *PAC-Maroc Rapport final intégré*. Rabat: Département de l'Environnement, pp. 62-69. www.pap-thecoastcentre.org/pdfs/WEB%20Rapport%20Final%20Integre.pdf (Accessed 5/2018).

Fox, H.R., Moore, H.M., Newell Price, J.P., & El Kasri, M. (1997) Soil erosion and reservoir sedimentation in the High Atlas Mountains, southern Morocco. In: Walling D.E., & Probst, J.-L., eds, *Human Impact on Erosion and Sedimentation (Proceedings of the Rabat Symposium, April 1997)*. Wallingford: IAHS, pp. 233-240.

Green, A., El Hamzaoui, M., El Agbani, M.A., & Franchimont, J. (2002) The conservation status of Moroccan wetlands with particular reference to waterbirds and to changes since 1978. *Biological Conservation*, 104, pp. 71-82.

Khattabi, A. (2008) The Proposal of IWRM in the Bouregreg Basin and How it Fits with the UNESCO/HELP Policy Program. In: Meire, P., Coenen, M., Lombardo, C., Robba, M., & Sacile, R., eds, *Integrated Water Management. Practical experiences and case studies*. Dordrecht: Springer, pp. 179-188.

Kørnø, L., Christensen, P., & Holm Nielsen, E. (2005) Mission impossible: does environmental impact assessment in Denmark secure a holistic approach to the environment? *Impact Assessment and Project Appraisal*, 23, pp. 303-314.

Lahlou, A. (1986) Étude actualisée de l'envasement des barrages au Maroc. *Revue des Science de l'Eau*, 6, pp. 337-356.

Maggi, E.-M. (2012) The moment of truth: how the EU can build the ground for lasting environmental policy changes in Morocco. *IEP Policy Briefs on Enlargement and Neighbourhood*, 6, pp. 3-5.

MEFD (n.d.) Ministry of the Environment and Food in Denmark: *Environmental assessments and Environmental Impact Assessments (EIA)*. <http://eng.naturstyrelsen.dk/planning/environmental-assessments-and-environmental-impact-assessments-eia/> (Accessed 5/2018).

Michard, A. (1976) *Eléments de géologie marocaine*. Rabat: Institut Scientifique.

MEMWE/MEMEE (2017) Moroccan Ministry of Energy, Mines, Water and the Environment: Barrages existants. <http://www.mem.gov.ma/SitePages/Default.aspx> (Accessed 5/2018).

MME (2015) Moroccan Ministry of the Environment: *Loi No. 81-12 relative au littoral*. <http://www.environnement.gov.ma/fr/lois-et-reglementations/textes-juridiques?id=110> (Accessed 5/2018).

RAMSAR (n.d.) *RAMSAR: Morocco country page*. www.ramsar.org/wetland/morocco (Accessed 5/2018).

Snoussi, M., Ouchani, T., Khouakhi, A., & Niang-Diop, I. (2009) Impacts of sea-level rise on the Moroccan coastal zone: quantifying coastal erosion and flooding in the Tangier Bay. *Geomorphology*, 107, pp. 32-40.

Tarradell, M. (2004) *Morocco Case Study. Analysis of National Strategies for Sustainable Development*. International Institute for Sustainable Development. www.iisd.org/pdf/2004/measurement_sdsip_morocco.pdf (Accessed 5/2018).

Trakadas, A. (2012) Navigating the al-bahr al-Muzlîm: an assessment of the investigation, mitigation and preservation of Morocco's maritime cultural heritage. *Journal of Maritime Archaeology*, 7, pp. 165-192.

UNDP/PNUD (2002) *Sommet de Johannesburg 2002. Profil du Maroc*. www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/wssd/morocco.pdf (Accessed 9/2017).

UNESCO (n.d., a) *Legal Instruments. Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage. Paris, 2 November 2001. Country page*. http://portal.unesco.org/en/ev.php-URL_ID=13520&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html#STATE_PARTIES (Accessed 5/2018).

UNESCO (n.d., b) UNESCO: *Rabat, Modern Capital and Historic City: a Shared Heritage. World Heritage List*. <http://whc.unesco.org/en/list/1401> (Accessed 5/2018).

WB (2011) World Bank: *Adaptation au changement climatique et aux désastres naturels des villes côtières d'Afrique du Nord. Phase 1: Évaluation des risques en situation actuelle et à l'horizon 2030 pour la vallée du Bouregreg*. www.preventionweb.net/publications/view/21069 (Accessed 5/2018).

(next page) Hydrographical and marine geological survey in the mouth of the Oued Bouregreg, in front of the Kasbah des Oudayas, Rabat, October 2016.

(page suivante) Les études hydrographiques et de géologie marine en face l'embouchure de l'Oued Bouregreg, à la Kasbah des Oudayas, Rabat, octobre 2016.