

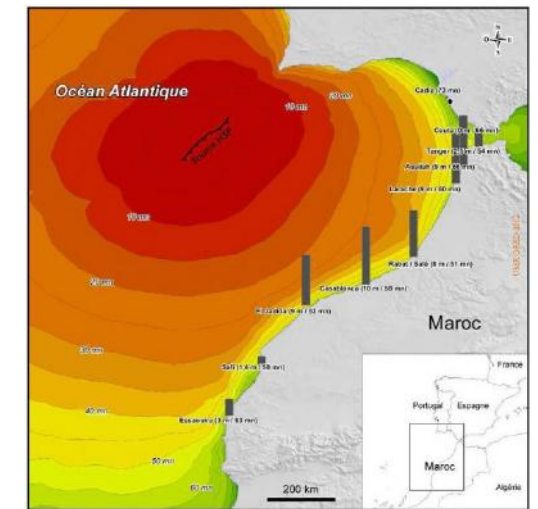
Contexte

La cote Atlantique Marocaine est un espace vulnérable aux événements de submersions marines, générés par les tsunamis et les ondes de tempêtes (Khalfaoui et al., 2019; Snoussi et al., 2008). Historiquement, on retrouve certains événements majeurs, tels que le tsunami de Lisbonne en 1755 AD et la dernière tempête de 2014, qui ont provoquées d'importants dégâts économiques et humains (Blanc, 2009; El Messaoudi et al., 2016). Ces futurs événements extrêmes nécessitent des stratégies d'adaptation et d'atténuation adéquates, qui se basent sur un suivie de l'évolution spatio-temporelle de ces événements extrêmes, en termes de fréquence et d'intensité (Dezileau et al., 2016; Sabatier et al., 2012). Les zones humides côtières offrent l'opportunité d'étudier ces événements sur des échelles de temps qui dépassent la période historique. Ces environnements sont capables d'accueillir et d'archiver des sédiments transportés par les vagues durant la submersion. L'objectif de ce travail est d'utiliser des carottes sédimentaires prélevées dans l'estuaire de Tahaddart (NW Maroc) pour étudier les traces sédimentaires de ces événements extrêmes sur la cote Atlantique Marocaine.

Tempête de 2014



Tsunamis 1755



Paléo-dépôts de submersions marines sur la côte Atlantique Marocaine: nouvelles observations fournies par l'estuaire de Tahaddart



Otmane Khalfaoui (1), Laurent Dezileau (1), Jean-Philippe Degeai (3), and Maria Snoussi (2)

(1) Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS, M2C, 14000 Caen, France; (2) Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique, Laboratoire LGRN et centre de recherche GEOPAC, Av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc; (3) ASM UMR5140, Université Montpellier 3, CNRS, MCC, 34199 Montpellier, France

Introduction

Estuaire de Tahaddart
Stratégie d'étude

Résultats et discussion

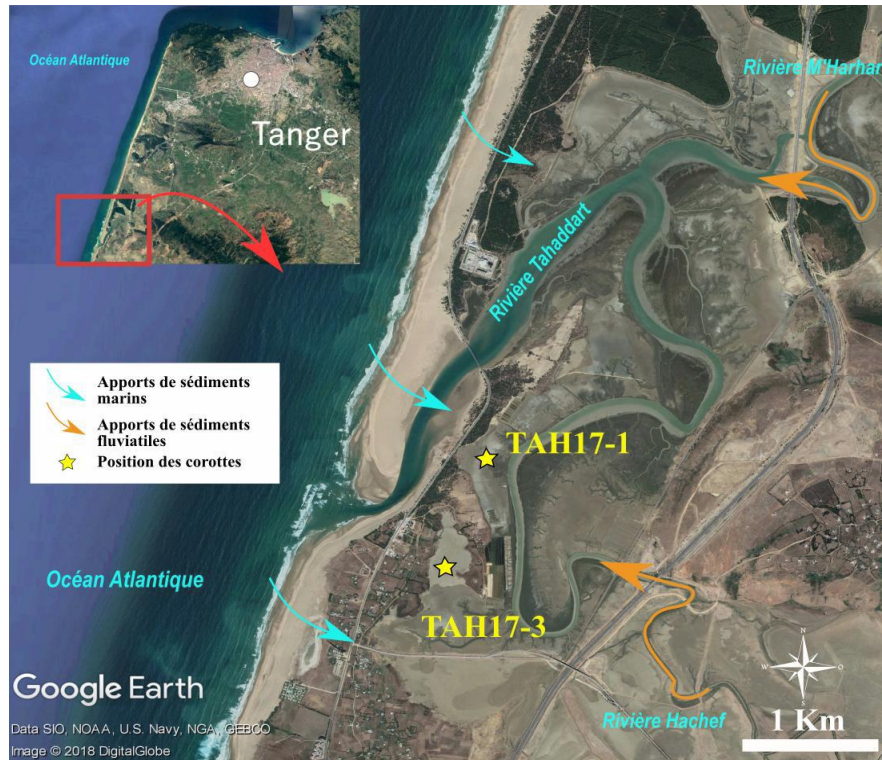
Résultats et discussion

Résultats et discussion

Conclusion

Présentation de l'estuaire Tahaddart

L'estuaire de Tahaddart est localisé sur la côte Atlantique Marocaine, à environ 30 Km au sud de la ville de Tanger. C'est une zone RAMSAR qui s'étend sur environ 11000 ha. L'intérieur de l'estuaire est sous forme de marais maritime, et représente le point de rencontre entre deux plaines alluviales (Hachef et Mharhar). Le tout étant protégé de l'océan Atlantique par un cordon dunaire et quelques collines basses isolées tels que Charf Akab et Houara.



Stratégie d'étude

Deux missions de terrains ont permis la collecte de carottes sédimentaires dans les marais maritimes de l'estuaire Tahaddart (TAH17-1 et TAH17-3), et des sédiments de surfaces réparties entre le bassin versant et la zone côtière. Les analyses réalisées sur ces prélèvements sont présentés dans le tableau suivant :

	Sédiments de surface	Carottes sédimentaires	
Caractéristiques	39 échantillons	TAH17-1 (5 mètres)	TAH17-3 (5 mètres)
But du prélèvement	i/ identification géochimique des sources de sédiments qui arrivent à l'estuaire Tahaddart.	i/ étude du remplissage sédimentaire de l'estuaire au cours de la période Holocène ; ii/ identification des dépôts sédimentaires de submersions marines.	
Granulométrie laser		X	X
Géochimie par fluorescence de Rayon X (XRF)	X	X	X
Géochronologie	²¹⁰ Pb / ¹³⁷ Cs	X	X
	¹⁴ C	X	

Introduction

Estuaire de Tahaddart
Stratégie d'étude

Résultats et discussion

Résultats et discussion

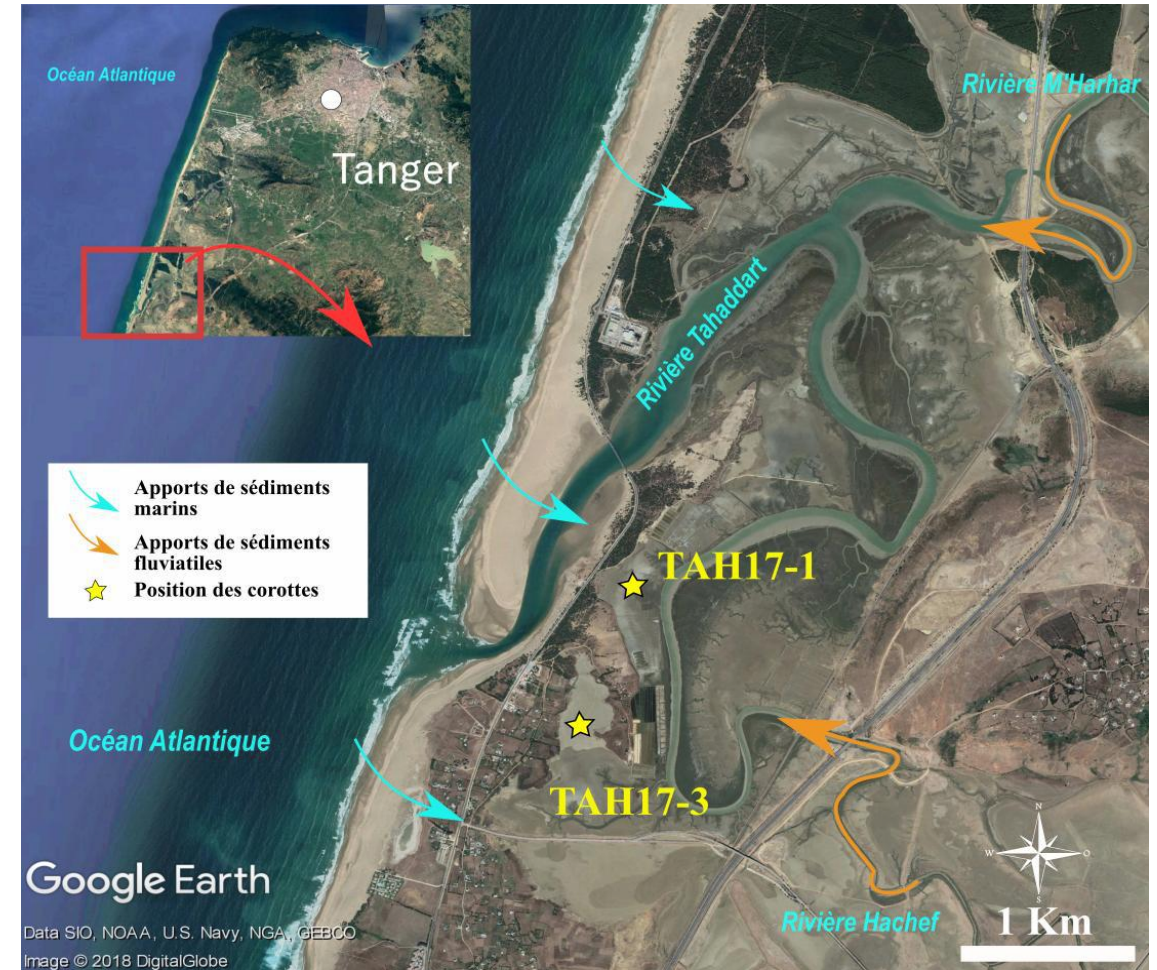
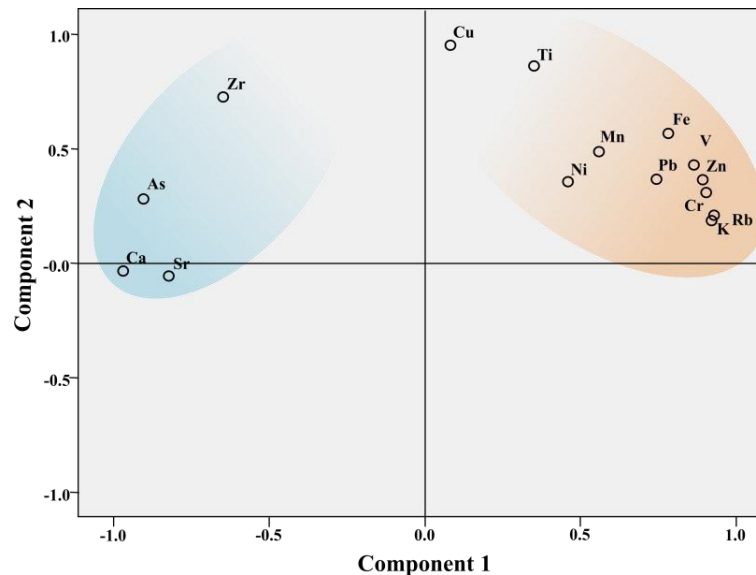
Résultats et discussion

Conclusion

Caractérisation géochimique des échantillons de surface

L'analyse en composantes principales, réalisée sur les résultats XRF, a permis d'identifier deux pôles géochimiques, qui représentent deux sources différentes de sédiments arrivent à l'estuaire de Tahaddart. Le premier pôle est formé par des éléments terrigènes (Fe, Rb, Zn, Ni, etc.), et représente les sédiments fluviaux en provenance du bassin versant. Le deuxième pôle regroupe le Zr, Ca, Sr et Ar, et caractérise les sédiments côtiers, transportés par les vagues à l'intérieur de l'estuaire. Pour l'analyse géochimique des archives TAH17-1 et TAH17-3, nous avons sélectionné, à partir de ces deux pôles, le Zr et Ca comme traceurs de sédiments marins, et le Rb comme traceur de sédiments fluviaux. Afin de comparer la géochimie de ces deux archives, les concentrations de Ca et Zr ont été normalisées par rapport au Rb.

ACP réalisée sur les données XRF des échantillons de surface



Paléo-dépôts de submersions marines sur la côte Atlantique Marocaine: nouvelles observations fournies par l'estuaire de Tahaddart



Otmane Khalfaoui (1), Laurent Dezileau (1), Jean-Philippe Degeai (3), and Maria Snoussi (2)

(1) Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS, M2C, 14000 Caen, France; (2) Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique, Laboratoire LGRN et centre de recherche GEOPAC, Av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc; (3) ASM UMR5140, Université Montpellier 3, CNRS, MCC, 34199 Montpellier, France

Introduction

Estuaire de Tahaddart
Stratégie d'étude

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Conclusion

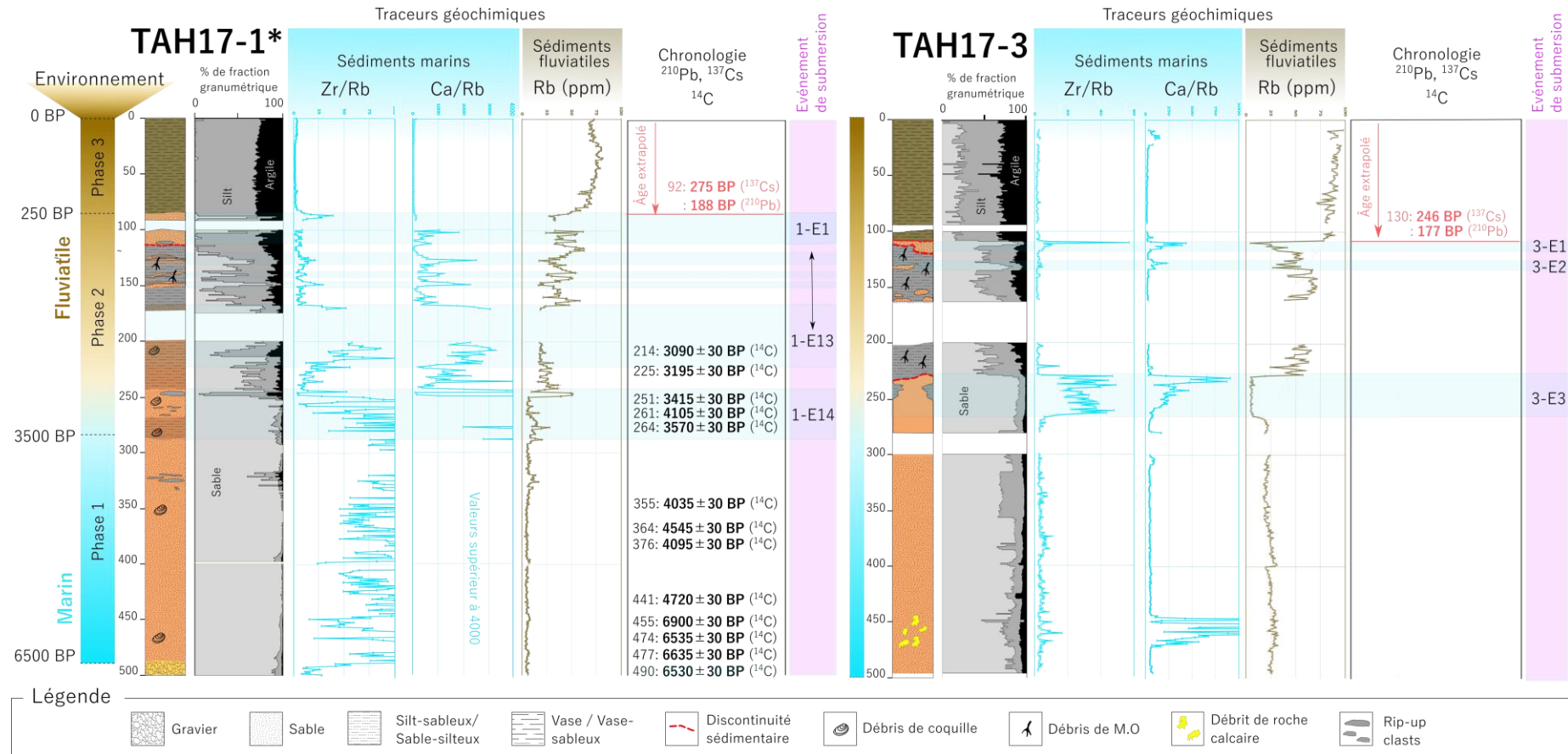
Evolution paléoenvironnementale de l'estuaire Tahaddart

Les analyses géochimiques, sédimentologiques et géochronologiques ont permis de distinguer trois phases dans le remplissage sédimentaire de l'estuaire Tahaddart au cours des derniers 6500 ans :

Phase 1 (~ 6500-3500 BP): caractérisée par des sédiments sableux (>90%), marquée par des fortes concentrations en traceurs géochimiques marins (Ca/Rb et Zr/Rb) et une faible concentration en éléments terrigènes (Rb).

Phase 2 (~3500-250 BP): dominée par des sédiments fins terrigènes, avec la présence de quelques injections de couches sableuses isolées. Ces derniers ressortent dans les profils géochimiques sous forme de pics de Ca/Rb et Zr/Rb.

Phase 3 (~250 BP– Actuel): est formée par des sédiments fins (% de silt et d'argile > 90%), traduit par des concentrations élevées en Rb et une presque absence du Ca/Rb et Zr/Rb.



Paléo-dépôts de submersions marines sur la côte Atlantique Marocaine: nouvelles observations fournies par l'estuaire de Tahaddart



Otmane Khalfaoui (1), Laurent Dezileau (1), Jean-Philippe Degeai (3), and Maria Snoussi (2)

(1) Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS, M2C, 14000 Caen, France; (2) Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique, Laboratoire LGRN et centre de recherche GEOPAC, Av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc; (3) ASM UMR5140, Université Montpellier 3, CNRS, MCC, 34199 Montpellier, France

Introduction

Estuaire de Tahaddart
Stratégie d'étude

Résultats et discussion

Résultats et discussion

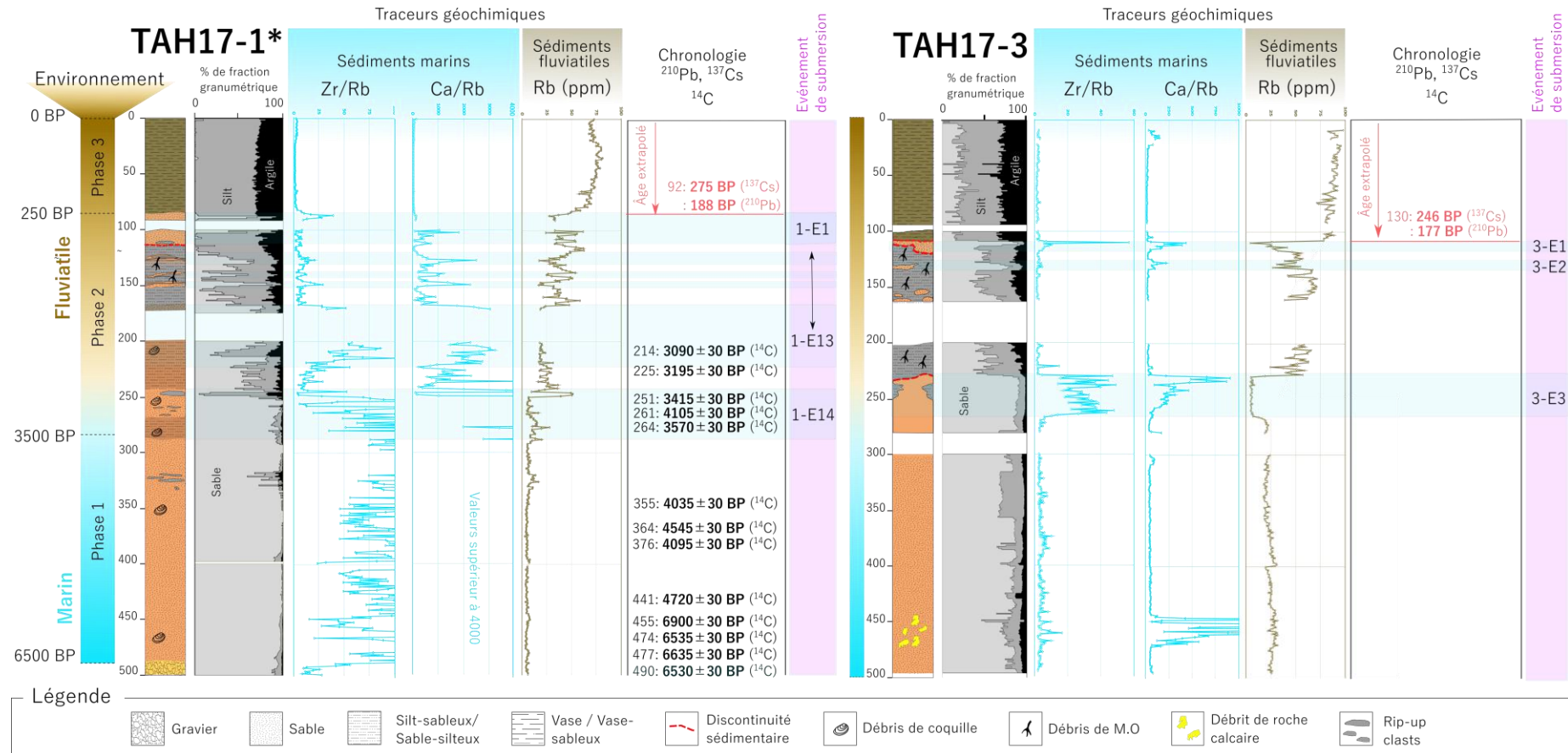
Résultats et discussion

Conclusion

Identification des dépôts de submersions marines

Pour pouvoir identifier les dépôts de submersions marines à l'échelle holocène, il est nécessaire de prendre en considération l'évolution du niveau marin durant cette période et son impact sur les conditions de dépôt dans la zone d'étude. À partir des deux archives TAH17-1 et TAH17-3, on s'aperçoit que la phase 2 et 3 (0-270 cm) sont dominées par des dépôts fins fluviatiles, ce qui indique que les conditions de dépôt sont restés pratiquement les mêmes au cours des derniers 3500 ans. Durant cette période, il est facile d'observer les sédiments marins transportés par les ondes de tempêtes et les tsunamis vers l'intérieur de l'estuaire. Ces derniers se présentent sous forme de couches sableuses intercalés dans des sédiments fins estuariens. La source marine de ces dépôts est confirmée par des valeurs importantes en Ca/Rb et Zr/Rb.

Nous avons compté 14 niveaux de submersions marines sur la carotte TAH17-1 (1-E1, 1-E2, ..., 1-E14), et trois sur l'archive TAH17-3 (3-E1, 3-E2 et 3-E3). Les données chronologiques ont permis de dater quatre couches. Les deux niveaux 1-E1 et 3-E1 ont été mise en place il y a environ 250 ans, ce qui correspond selon les archives historiques au grand tsunami de Lisbonne en 1755 AD ; un événement daté pour la première fois sur les cotes marocaines. Les deux autres dépôts (1-E13 et 1-E14) sont mise en place autour de 3200 BP, et représentent des événements méconnus sur la cote marocaine.



Paléo-dépôts de submersions marines sur la côte Atlantique Marocaine: nouvelles observations fournies par l'estuaire de Tahaddart

Otmane Khalfaoui (1), Laurent Dezileau (1), Jean-Philippe Degeai (3), and Maria Snoussi (2)



(1) Normandie Univ, UNICAEN, UNIROUEN, CNRS, M2C, 14000 Caen, France; (2) Université Mohammed V de Rabat, Institut Scientifique, Laboratoire LGRN et centre de recherche GEOPAC, Av. Ibn Batouta, B.P. 703 Agdal, Rabat, Maroc; (3) ASM UMR5140, Université Montpellier 3, CNRS, MCC, 34199 Montpellier, France

Introduction

Estuaire de Tahaddart
Stratégie d'étude

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Résultats et discussion

Conclusion

Conclusion

Durant les derniers 6500 ans, l'estuaire de Tahaddart a évolué d'un environnement marin riche en sédiments sableux, vers un espace protégé et dominé par des sédiments fluviatiles.

L'analyse multiproxys, menée sur les deux archives TAH17-1 et TAH17-3, a permis l'identification de traces sédimentaires d'événements de submersions marines : le tsunami de Lisbonne en 1755 et deux autres événements à environ 3200 BP. Ceci va contribuer à l'enrichissement des registres marocains sur les événements extrêmes marins.

Remerciement

Les auteurs tiennent à remercier le Laboratoire LMC14 pour les analyses de carbone 14. Cette étude a été financée par le projet MISTRALS/PALEOMEX et le Partenariat Hubert Curien (PHC) Toubkal (No. TBK/17/40 - Campus No. 36864YB ; coordonné par Laurent Dezileau et Maria Snoussi).

Références bibliographiques

- Blanc, P. L. (2009). Earthquakes and Tsunami in November 1755 in Morocco: A different reading of contemporaneous documentary sources. *Natural Hazards and Earth System Science*, 9(3), 725–738. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-725-2009>
- Dezileau, L., Pérez-Ruzafa, A., Blanchemanche, P., Degeai, J. P., Raji, O., Martinez, P., Marcos, C., & Von Grafenstein, U. (2016). Extreme storms during the last 6500 years from lagoonal sedimentary archives in the Mar Menor (SE Spain). *Climate of the Past*, 12(6), 1389–1400. <https://doi.org/10.5194/cp-12-1389-2016>
- El Messaoudi, B., Ait Laâmel, M., El Hou, M., & Bouksim, H. (2016). Situations des fortes houles sur les côtes atlantiques marocaines. *Actes Session Plénière Académie Hassan II Des Sciences & Techniques*, 79–99.
- Khalfaoui, O., Dezileau, L., Degeai, J.-P., & Snoussi, M. (2019). Reconstruction of past marine submersion events (storms and tsunamis) on the North Atlantic coast of Morocco. *Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions*, 2019, 1–14. <https://doi.org/10.5194/nhess-2019-130>
- Raji, O., Dezileau, L., Von Grafenstein, U., Niazi, S., Snoussi, M., & Martinez, P. (2015). Extreme sea events during the last millennium in the northeast of Morocco. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(2), 203–211. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-203-2015>
- Sabatier, P., Dezileau, L., Colin, C., Briquet, L., Bouchette, F., Martinez, P., Siani, G., Raynal, O., & Von Grafenstein, U. (2012). 7000 years of paleostorm activity in the NW Mediterranean Sea in response to Holocene climate events. *Quaternary Research*, 77(1), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.yqres.2011.09.002>
- Snoussi, M., Ouchani, T., & Niazi, S. (2008). Vulnerability assessment of the impact of sea-level rise and flooding on the Moroccan coast: The case of the Mediterranean eastern zone. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 77(2), 206–213. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2007.09.024>



Contacts

m.otmanekhalfaoui@gmail.com