Article publié dans la revue :

PHOTO INTERPRÉTATION EUROPEAN JOURNAL OF REMOTE SENSING

ISSN version imprimée 2105-665X ISSN version électronique 2726-8144

Éditeur : Éditions ESKA, Paris

DOI https://doi.org/10.54695/pi.60-61.1-4.0019

Le texte des articles au format revue n'est pas en accès libre sur Internet

Une version auteur (*preprint*) peut être accessible en ligne

Métadonnées accessibles en ligne :

Site éditeur de la revue : https://journaleska.com/index.php/pi

- depuis le volume 58 (2022) : auteurs, titre, résumé, mots-clés, DOI

  accès au texte intégral payant (5€),

  sauf pour les abonnés à la revue imprimée

- contact éditeur : Marise Urbano agpaedit@eska.fr

Autre site : https://lacazebernard.wixsite.com/piejars

- depuis le volume 51 (2015) : auteurs, titre, résumé, mots-clés (français et anglais)

- depuis le volume 58 (2022) : idem + DOI + bibliographie

- contact : revue.photointerpretation@gmail.com

Comment citer cet article: (*how to cite this paper*)

Sarr M. A., Pouye I., Kane C., 2026 – Application de l'indice de vulnérabilité côtière et de la régression linéaire multiple pour l'évaluation de la vulnérabilité de Saint-Louis (Sénégal). *Photo Interprétation European Journal of Applied Remote Sensing*, 60-61, 19-33, 2 pl. coul. h.-t. (62-63).

APPLICATION DE L'INDICE DE VULNÉRABILITÉ CÔTIÈRE ET DE LA RÉGRESSION LINÉAIRE MULTIPLE POUR L'ÉVALUATION DE LA VULNÉRABILITÉ DE SAINT-LOUIS (SÉNÉGAL) DANS LE CONTEXTE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Mamadou Adama SARR[1], Ibrahima POUYE[2], Coura KANE[3]

ABSTRACT

Application of the coastal vulnerability index and of multiple linear regression for the assessment of vulnerability of Saint-Louis (Senegal) in the context of climate change. Climate change impacts are a priority challenge for coastal human environments. There are numerous studies on the assessment of coastal zone vulnerability in general, and especially in Senegal, carried out using various tools and methods. Despite their importance, conventional methods of coastal risk assessment appear to underestimate the likely levels of vulnerability in hazard-prone areas, whereas it is the degree of vulnerability of a community that determines the consequences of a given hazard. Therefore, the use of effective vulnerability assessment and mapping methods is a necessity. The study proposes a comprehensive methodology for assessing and mapping vulnerability at a detailed scale. To do this, the Coastal Vulnerability Index (CVI) and multiple linear regression are used. The results of the study show that the highest overall CVIs along

1 Université Gaston Berger, UFR LSH, BP. 234, Saint-Louis, Sénégal ; mamadou-adama.sarr@ugb.edu.sn
2 University of Lomé, WASCAL DRP Climate Change Disaster Risk Management, B.P 1515, Lomé, Togo
3 Université Alioune Diop, UFR SDD, BP 30, Bambey, Sénégal

Mbaw and Doun are 63 and 67, respectively. Mouit, Ndiebene Gandiole, Gandon, and Saint-Louis exhibit indices of 32, 33, 38, and 22, respectively. Multiple linear regression analysis confirms that coastal dynamics is the dominant variable of physical vulnerability in the Saint-Louis region, with the highest positive coefficient (11.49), followed by slope, which contributes positively to vulnerability with an estimate of 5.07. The protection infrastructure, with a coefficient of 4.17, shows that the absence or the inadequacy of protection infrastructure significantly increases vulnerability. The findings contribute to improving resilience and reducing vulnerability in the long term, while also providing tools/support for decision-making.

KEYWORDS

Coastal Vulnerability Index, Multiple linear regression, Vulnerability, Coastal zone, Climate change, Saint-Louis, Senegal.

RÉSUMÉ

Les impacts du changement climatique constituent un défi prioritaire pour les établissements humains, en particulier côtiers. Les études sur l'évaluation de la vulnérabilité des zones côtières, en général, et de celles du Sénégal en particulier, sont nombreuses. Cependant, les méthodes dites conventionnelles d'évaluation des risques côtiers semblent sous-estimer les niveaux probables de vulnérabilité dans les zones exposées aux aléas, alors que c'est le degré de vulnérabilité d'une communauté qui détermine les conséquences d'un aléa donné. Ainsi, le choix et l'application de méthodes efficaces d'évaluation et de cartographie de la vulnérabilité deviennent une nécessité. L'étude propose une méthodologie globale pour évaluer et

cartographier la vulnérabilité à une échelle fine. Pour ce faire, l'Indice de Vulnérabilité Côtière (IVC) et la régression linéaire multiple sont utilisés. Les résultats de l'étude montrent que les IVC globaux les plus importants le long de Mbaw et Doun sont respectivement de 63 et 67. Mouit, Ndiebene Gandiole, Gandon et Saint-Louis enregistrent respectivement un indice de 32, 33, 38 et 22. L'analyse de régression linéaire multiple confirme que la dynamique du littoral est le facteur dominant de la vulnérabilité physique dans la région de Saint-Louis, avec le coefficient positif le plus élevé (11,49), suivi par la pente, qui contribue positivement à la vulnérabilité avec une estimation de 5,07. L'infrastructure de protection, avec un coefficient de 4,17, montre que l'absence ou l'insuffisance d'infrastructures de protection augmente considérablement la vulnérabilité. Les conclusions participent à améliorer la résilience et à réduire la vulnérabilité à long terme, et, en même temps, fourniront des outils/supports d'aide à la prise de décisions.

MOTS CLÉS

Indice de vulnérabilité côtière, Régression linéaire multiple, Vulnérabilité, Zone côtière, Changement climatique, Saint-Louis, Sénégal.

Article reçu le 14 mars 2026, accepté le 8 mai 2026

Article publié le 23 septembre 2026

BIBLIOGRAPHIE

REFERENCES

Abuodha, P. A. & Woodroffe C. D., 2010 – Assessing Vulnerability to Sea-Level Rise Using a Coastal Sensitivity Index : A Case Study from Southeast Australia. *Journal of Coastal Conservation*, 14 (3), 189–205.

Allard J., Bertin X., Chaumillon E., Pouget F., 2008 – Sand spit rhythmic development: A potential record of wave climate variations? Arçay Spit, western coast of France. *Marine Geology*, 253 (3–4), 107–131.

Almar R., Kestenare E., Boucharel J., 2019 – On the key influence of remote climate variability from Tropical Cyclones, North and South Atlantic mid-latitude storms on the Senegalese coast (West Africa). *Environmental Research Communications* **2019**, 1, 071001.

Bakhoum P., Diaw A., Sambou B., 2018 – A peninsula in coastal erosion ? Dakar, the Senegalese capital city facing the sea level rise in the context of climate change. *Environ. Water Sci. Public Heath Territ. Intell.* **2018**, 1, 18.

Barusseau J. P., 1980 – Essai d'évaluation des transports littoraux sableux sous l'action des houles entre Saint-Louis et Joal (Sénégal). *Bulletin de Liaison de l'Association Sénégalaise Pour l'Etude Du Quaternaire Africain Dakar*, 58–59, 31–39.

Barusseau J. P., Bă M., Descamps, C., Salif Diop, E., Diouf, B., Kane, A., Saos, J. L., & Soumaré, A. (1998). Morphological and sedimentological changes in the Senegal River estuary after the constuction of the Diama dam. *Journal of African Earth Sciences*, 26, 317–326.

Bergsma E., Sadio M., Sakho I., Almar R., Garlan T., Gosselin M., Gauduin, H., 2020 – Sand-spit Evolution and Inlet Dynamics derived from Space-borne Optical Imagery: Is the Senegal-river Inlet Closing? *Journal of Coastal Research*, 95, 372.

Bird E. C. F., 1982 – Changes on barriers and spits enclosing coastal lagoons. *Oceanologica Acta,* n°SP, Proceedings International Symposium on coastal lagoons, SCOR/IABO/UNESCO, Bordeaux, France, 8- 14 September, 1981, 45-53.

Birkmann J., 2006 – Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. *Institute for Environment and Human Security Journal*, 5, 7–54.

Birkmann J., Cardona O., Tibaduiza M., Barbat A., Pelling M., Schneiderbauer S., Kienberger S., Keiler M., Alexander D., Zeil P., Welle T., 2013 – Framing vulnerability, risk and societal responses: the MOVE framework. *Natural Hazards*, 67, 193–211.

Birkmann J. & Wisner B., 2006 – Measuring the un-measurable the challenge of vulnerability. United Nations University, SOURCE, Publication Series of UNU-EHS n°5-2006, 61 p. (available online).

Blaikie P., Cannon T., Davis I., Wisner B., 1996 – Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Colombia: LA RED, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, 374 p.. http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/

Boateng I., 2018 – An assessment of vulnerability and adaptation of coastal mangroves of West Africa in the face of climate change. In: Makowski C., Finkl C. (eds) *Threats to mangrove forests : Hazards, vulnerability,and management*. Cham: Springer International Publishing., p. 141–154.

Boruff B., Emrich C., Cutter S., 2005 – Erosion Hazard Vulnerability of US Coastal Counties. *Journal of Coastal Research*, 21, 932–942.

Bruun P., 1962 – Sea-level rise as a cause of shore erosion. *Journal of the Waterways and Harbors Division*, 88 (1), 117–130.

Crowell M., Douglas B. C., Leatherman S. P., 1997 – On Forecasting Future U.S. Shoreline

Positions: A Test of Algorithms. *Journal of Coastal Research*, 13 (4), 1245–1255.

Cutter S. L., Boruff B. J., Shirley W. L., 2003 – Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Quarterly*, 84 (2), 242–261.

Cutter S. L. & Finch C., 2008 – Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105 (7), 2301–2306.

Dalrymple R. W. & Choi K., 2007 – Morphologic and facies trends through the fluvial–marine transition in tide-dominated depositional systems: a schematic framework for environmental and sequence-stratigraphic interpretation. *Earth-Science Reviews*, 81 (3–4), 135–174.

Davies W. T. R., 2012 – *Applying a Coastal Vulnerability Index (CVI) to the Westfjords, Iceland: a preliminary assessment*. MSc thesis, University of Akureyri, Ísafjörður, Iceland.

Dean R. G., & Maurmeyer E. M., 1983 – Models for beach profile response. In: *Handbook of Coastal Processes and Erosion* (P. D. Komar & J. R. Moore eds), CRC Press, p. 151-166.

Diatta I., 2004 – L'ouverture d'une brèche à travers la Langue de Barbarie (Saint-Louis du Sénégal). Les autorités publiques et les conséquences de la rupture. Mémoire de maîtrise, Univ. Gaston Berger de Saint-Louis UFR, Département de Géographie, 119 p.

Diaw E. H., 2016 – *Ouverture de la brèche sur la langue de Barbarie : histoire de comprendre.* In: Actes de la conférence, XI^{e} Journées Internationales de Technologie 2016 (JIT) de la CITEF, Ecole de Technologie Supérieure (ETS), Montréal, Canada, 9p.

Dimou A., Vassilakis E., Antoniou V., Evelpidou N., 2014 – An assessment of the coastal erosion at Marathon east Attica, Greece. *Proceedings of the 10th International Congress of the Hellenic Geographical Society,* Thessaloniki, Greece, 22–24.

Dolan R., Fenster M. S., Holme S. J., 1991 – Temporal Analysis of Shoreline Recession and Accretion. *Journal of Coastal Research*, 7 (3), 723-744..

Dubois R. N., 1990 – Barrier-beach erosion and rising sea level. *Geology*, 18 (11), 1150–1152.

Durand P., Anselme B., Thomas Y. F., 2010 – L'impact de l'ouverture de la brèche dans la langue de Barbarie à Saint-Louis du Sénégal en 2003 : un changement de nature de l'aléa inondation ? *Cybergeo Eur. J. Geogr*., https://doi.org/10.4000/cybergeo.23017

Downing, C. (ed.), 2017 – Assessing adaptation knowledge in Europe : Vulnerability to climate change. Final Report, 340202/2015/719923/SER/CLIMA.C.3, Ecofys, London, 86 p.

Everts C. H., 1987 – Continental shelf evolution in response to a rise in sea level. In : *Sea-Level Fluctuation and Coastal Evolution*, (Nummedal D., Pilkey 0. H., Howard J. D. eds), Spec. Publ. Soc. Econ. Palaeont. Miner., Tulsa, 41 p.

Fall B., Correa J. P., Sarr S., 2011 – Guide méthodologique pour l'évaluation de la vulnérabilité au changement climatique au niveau communautaire (Zones côtières). Consultant Report by Environnement-Développement du Tiers Monde (ENDA), Dakar, for USAID/COMFISH Project, 48 p

Faye I. N., 2010 – Dynamique du trait de côte sur les littoraux sableux de la Mauritanie à la Guinée-Bissau (Afrique de l'Ouest) : Approches régionale et locale par photo-interprétation, traitement d'images et analyse de cartes anciennes. Thèse de géographie, Univ. de Bretagne occidentale, Brest, vol. 1, 322 p.

Fenster M., Dolan R., Elder J., 1993 – A new method for predicting shoreline positions from historical data. *Journal of Coastal Research*, 9, 147–171.

Giresse P., Diouf M., Barusseau J. P.,1988 – Lithological, mineralogical and geochemical observations of Senegalo-Mauritanian quaternary shoreline deposits: Possible chronological revisions. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology,* 68, 241–257.

Gornitz V., White T. W., Cushman R. M., 1991 – *Vulnerability of the US to future sea level rise*.

In: (Magoon O.T., ed.) Proceedings of the 7th Symposium on Coastal & Ocean Management, ASCE, Oak Ridge, 1345-1359.

Guariglia A., Buonamassa A., Losurdo A., Saladino R., Trivigno M. L., Zaccagnino A., Colangelo A., 2006 – A multisource approach for coastline mapping and identification of shoreline changes. *Annals of Geophysics*, 49 (1), 295–304.

Guérin K., 2003 – Dynamique du littoral sableux de Tiaroye à Bargny (Baie de Gorée – Sénégal). mémoire de maîtrise de Géographie, Univ. Paris 1 - Panthéon Sorbonne, 142 p.

Hammar-Klose E., Pendleton E. A., Thieler E. R., Williams S. J., 2003 – Coastal vulnerability assessment of Cape Cod national seashore (CACO) to sea-level rise. US Geological Survey, Open File Report, 2–233, 23 p.

Himmelstoss E. A., Henderson R. E., Kratzmann M. G., Farri, A. S., 2018 – Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 5.0 user guide. USGS, Open-File Report 2018-1179, 126 p.

Holthuijsen L. H., 2010– *Waves in oceanic and coastal waters*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K., 405 p.

Kane A., 1997 – L'après-barrage dans la vallée du fleuve Sénégal : Modifications hydrologiques, morphologiques, géochimiques et sédimentologiques. Conséquences sur le milieu naturel et les aménagements hydro-agricoles. Thèse de Doctorat d'Etat ès Lettres, Univ. Cheikh Anta Diop, Dakar, 551 p.

Klein R. J. T. & Nicholls R. J., 1999 – Assessment of coastal vulnerability to climate change. *Ambio*, 28 (2),182–187.

Kotinas V., Evelpidou N., Karkani A., Polidarou M., 2016 – *Modelling coastal erosion*. Hellenic Republic National and Kapodistrian University, Athens (in Greek).

Marzouk M., Attia K., Azab S., 2021 – Assessment of Coastal Vulnerability to Climate Change Impacts using GIS and Remote Sensing: A Case Study of Al-Alamein New City. *Journal of Cleaner Production*, 290, 125723.

Maskrey A., 1989 – *Disaster Mitigation: A Community Based Approach*. Oxford : Oxfam, 100 p..

Masse J. P., 1968 – Contribution à l'étude des sédiments actuels du plateau continental de la région de Dakar: essai d'analyse de la sedimentation biogène. Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Dakar, 209 p.

McNinch J. E., Brodie K. L., Slocum R. K., 2012 – Radar Inlet Observing System (RIOS): Continuous remote sensing of waves, currents, and bathymetry at tidal inlets. *Oceans* **2012**, 1, 14 –19.

Moss R., Edmonds J., Hibbard K., *et al*., 2010 – The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment. *Nature*, 463, 747–756.

Moussa S., 2006 – Crue et élévation du niveau marin à Saint-Louis du Sénégal: impacts potentiels et mesures d'adaptation. Thèse de Doctorat en géographie, Univ. du Maine, 332 p.

Musekiwa C., Cawthra H., Unterner M., Zyl F. W., 2015 – An assessment of coastal vulnerability for the South African coast. *South African Journal of Geomatics*, 4, 123.

Nardari B., 1993 – Analyse de la houle sur les côtes du Sénégal, application à la pointe de Sangomar. Rapport de stage, UTIS-ISRA/ORSTOM, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye, Université de Toulon et du Var, 31 p.

Ndour A., Bâ K., Almar A., Almeida L. P., Sall M. S., *et al*., 2020 – On the Natural and

Anthropogenic Drivers of the Senegalese (West Africa) Low Coast Evolution : Saint Louis Beach 2016 COASTVAR Experiment and 3D Modeling of Short Term Coastal Protection Measures. *Journal of Coastal Research*, 95(SI), 583–587.

Ng K., Borges P., Phillips M., Medeiros A., Calado H., 2019 – An integrated coastal vulnerability approach to small islands: The Azores case. *Science of The Total Environment*, 690, 1218-1227.

Niang-Diop I., 1996 – L'érosion côtière sur la petite côte du Sénégal à partir de l'ensemble de Rufisque : passé, présent et futur [Thèse de Géologie littorale, Université d'Angers, 1995/03/28]. Paris, ORSTOM, vol. 1, 474 p.

Niang A. & Kane A., 2014 – Morphological and hydrodynamic changes in the lower estuary of the Senegal River: effects on the environment of the breach of the 'Langue De Barbarie'sand spit in 2003. In: *The Land/Ocean Interactions in the Coastal Zone of West and Central Africa* (Diop S., Barusseau J. P., Descamps C. eds), Springer International Publishing, 23–40.

Pilkey O. H. & Davis T. W., 1987 – An analysis of coastal recession models: North Carolina coast. In: *Sea-level fluctuation and coastal evolution* (D. Nummedal, O.H. Pilkey & J.D. Howard, eds.), SEPM (Society of Economic Paleontologists and Mineralogists) Special Publication n° 41, Tulsa, Oklahoma, 59-68.

Pilkey O. H., Morton R. A., Kelley J. T., Penland S., (1989). Coastal land loss. American Geophysical Union, Short course in geology, v.2, 73 p.

Priya R. S. M., Nellayaputhenpeedika M., Tiwari S. P., Vengadasalam R., 2019 – Mapping and analysis of the physical vulnerability of coastal Tamil Nadu. *Human and Ecological Risk Assessment : An International Journal*, 26 (7), 1879-1895.

Ramieri E., Hartley A., Barbanti A., Santo, F., Gomes A., Hildén M., Laihonen P., Marinova N., Santini M., 2011 – Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. European Topic Centre on Climate Change Impacts, Technical Paper 1/2011, 93 p.

Rana I. A. & Routray J. K., 2018 – Multidimensional Model for Vulnerability Assessment of Urban Flooding: An Empirical Study in Pakistan. *International Journal of Disaster Risk Science*, 9 (3), 359–375.

Reeve D., Chadwick, A., Lleming C., 2018 – *Coastal Engineering: Processes, Theory and Design Practice* (3rd edition). CRC Press, 542 p.

Sadio M., Anthony E., Diaw A., Dussouillez P., Fleury J., Kane A., Almar R., Kestenare E., 2017 – Shoreline Changes on the Wave-Influenced Senegal River Delta, West Africa: The Roles of Natural Processes and Human Interventions. *Water*, 9, 357.

Sarr M. A., Pouye I., Sene A., Aniel-Quiroga I., Diouf A. A., Samb F., Ndiaye M. L., Sall M., 2024 – Monitoring and Forecasting of Coastal Erosion in the Context of Climate Change in Saint Louis (Senegal). *Geographies,* 4 (2), 287–303.

Schmidtlein M. C., Deutsch R. C., Piegorsch W. W., Cutter S. L., 2008 – A sensitivity analysis of the social vulnerability index. *Risk Analysis: An International Journal*, 28 (4), 1099–1114.

Shaw J., Taylor R. B., Forbes D. L., Solomon S., Ruz M. H., 1998 – Sensitivity of the coasts of Canada to sea-level rise. Open file (Geological Survey of Canada); 2825 [map].

Strahler A., 2013 – *Introducing Physical Geography.* Wiley India, 6th ed., 660 p.

Taveneau A., Almar R., Bergsma E. W. J., Sy B. A., Ndour A., Sadio M., Garlan T., 2021 – Observing and predicting coastal erosion at the Langue de Barbarie sand spit around Saint Louis (Senegal, West Africa) through satellite-derived digital elevation model and shoreline. *Remote Sensing*, 13 (13), 2454.

Thakare L., 2020 – Vulnerability Assessment of the Ratnagiri Coast (Maharashtra, West Coast of India). *Journal of Coastal Research*, 37, 421–432.

Thieler E.R. & Hammar-Klose E., 2000 – National Assessment of Coastal Vulnerability to Future Sea-Level Rise: Preliminary Results for the U.S. Gulf of Mexico Coast. U.S. Geological Survey, Open-File Report 00-179, 1 sheet.

Timmerman P., 1981– Vulnerability. Resilience and the collapse of society: A review of models and possible climatic applications. Environmental Monograph No. 1, Institute for Environmental Studies, University of Toronto, 42 p.

Toffoli A., & Bitner-Gregersen E. M., 2017 – Types of Ocean Surface Waves, Wave Classification. In: *Encyclopedia of Maritime and Offshore Engineering*, 1–8.

Torresan S., Critto A., Valle M., Harvey N., Marcomini A., 2008 – Assessing coastal vulnerability to climate change: Comparing segmentation at global and regional scales. *Sustainability Science*, 3, 45–65.

UEMOA, 2010 – Regional study for shoreline monitoring and drawing up a management scheme for West Africa coastal area. Coastal Management Scheme, 46 p. (available online).

UNDRO, 1979 – Natural disasters and vulnerability analysis : report of Expert Group Meeting (9-12 July 1979). Office of the United Nations Disaster Relief Co-ordinator, 53 p. (available online).

UNDRR, 2009 – 2009 UNIDR Terminology on disaster risk reduction, 30 p. (available online).

Uyanık G. K. & Güler N., 2013 – A Study on Multiple Linear Regression Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 234–240.

Wisner B., Gaillard J. C., Kelman I., 2012 – *The Routledge handbook of hazards and disaster risk reduction*. Routledge, Abington, UK, 912 p.