

VALORISATION ÉCONOMIQUE DES TERRES AGRICOLES PERDUES PAR L'ÉROSION, CAS DES FALAISES MARINES DE LA RÉGION DE AIN TAYA (ALGER)

HOUSSEYN OTMANI^{1,2*}, RABAH BELKESSA^{1,2}, WALID BOUKHEDICHE^{3,4}, AGABI ZAKARIA¹, BENBRAHEM MOHAMED¹

¹*École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), BP 19, campus universitaire Dely Brahim, Alger, Algérie*

e-mail: otmani.housseyn@gmail.com, belkessarabah@yahoo.fr, zakariagabi@gmail.com, Benbraham1.mohamed@gmail.com*

²*Laboratoire des Ecosystèmes Marins et Littoraux (EcoSysMarL), Alger, Algérie*

³*Laboratoire Espace Géographique et Aménagement du Territoire (EGEAT), Oran, Algérie*
e-mail: boukhedichewalid@gmail.com

⁴*Université d'Oran, 2 Mohamed Ben Ahmed (UMBA), Oran, Algérie*

DOI: 10.5281/zenodo.7491449

Résumé. L'érosion peut être problématique pour les systèmes côtiers anthropisés à des échelles variables au point d'affecter les écosystèmes, les ressources et même les services dispensés. À Alger, les falaises représentent plus de 50% du linéaire côtier. Au niveau de la zone de Zerzouria (Ain Taya), les falaises sont, au sommet, occupées par des terres agricoles. L'érosion de ces falaises induit une réduction de la superficie des terres agricoles et peut donc influencer négativement la production et la productivité au niveau local.

Le présent travail réalise une première évaluation économique des pertes sur les terres agricoles à travers une estimation des taux d'érosion marine sur une période d'environ 60 ans. L'estimation des taux d'érosion a été effectuée par l'analyse diachronique des photographies aériennes et des levés au GPS différentiel. Pour l'estimation des pertes, deux méthodologies sont employées : la méthode brute et celle de la productivité.

Les résultats montrent que l'évolution est inquiétante dans ce secteur, le bilan des pertes équivaut à 2,3 hectares et se répercute sur la valeur de la productivité agricole annuelle (environ 69 T/an). L'érosion étant toujours en cours et la valeur des produits agricoles étant variable, ce bilan devient donc actualisable. Des mesures de gestion et de protection doivent être prises en considération sous peine de voir le bilan de perte augmenter avec le temps.

Mots clés: Falaises, Erosion, Valorisation économique, Terres agricoles, DGPS, Photographies aériennes, Alger

Abstract. Coastal erosion appears problematic for anthropized coastal systems at varying scales to the point of affecting ecosystems, resources, and even the services provided. The cliffs represent more than 50% of the coastline in Algiers. In the area of Zerzouria (Ain Taya), the cliffs are backed by farmland. The erosion of its cliffs induces a reduction in the area of agricultural land and can therefore negatively influence productivity.

This work attempts to make an economic assessment of losses on agricultural land by estimating erosion rates over about 60 years. Estimation of erosion rates was carried out using aerial photos and the differential GPS methodology. Two methodologies are used for the estimation of losses: the gross method and the productivity one.

The results show that the evolution in this sector is alarming. The balance of loss equals 2.3 hectares and affects annual production value (around 69 T/year). Since erosion is still ongoing and the value of the agricultural products is variable, this balance sheet can be updated. Measures have to be taken to ensure that the loss balance will not increase.

Key words: Cliffs, Erosion, Economic valuation, Agricultural land, DGPS, Aerial photos, Algiers

1. INTRODUCTION

Le littoral algérois présente des unités géomorphologiques hétérogènes. De nombreuses études sont portées sur la morphodynamique des côtes sableuses, toutefois, une insuffisance bibliographique concernant les côtes rocheuses et à falaises est relevée. Les zones à falaises représentent plus de 50% du linéaire côtier de la zone algéroise (Agabi *et al.*, 2018). Cette étude de cas est réalisée dans ce sens. En effet, elle s'intéresse aux falaises, en particulier celles de Zerkouria (Ain Taya), qui subissent une évolution morphodynamique remarquable. Des valeurs de recul parfois élevées, dépassant les 40 mètres, caractérisent certains secteurs.

Par ailleurs, l'agriculture est un secteur clé dans l'économie de l'Algérie. La perte des terres par érosion représente un sérieux frein pour la production agricole et influe donc sur le développement économique de la région de Ain Taya. Les falaises de Zerkouria (ex: Suffran) séparent de la mer de nombreuses terres agricoles, l'érosion marine induit systématiquement une perte de ces terres de qualité.

La conscience précoce de la gravité des dommages causés par ce phénomène n'a pas été accompagnée par un intérêt à évaluer les coûts économiques de l'érosion. De même, les

bénéfices économiques produits par les investissements dans la conservation des sols ne sont que rarement évalués (Abdelmohssin *et al.*, 2019).

1.1. MISE EN CONTEXTE ET SÉLECTION DE LA ZONE D'INTÉRÊT

Le changement climatique marqué en Algérie exerce un impact sur la disponibilité et la qualité des ressources naturelles nécessaires à l'économie (Bessaoud *et al.*, 2019). En ce sens, la modification du climat et les événements climatiques extrêmes qui l'accompagnent (submersion et érosion) constituent de sérieux défis pour l'agriculture, la sécurité alimentaire et le développement socio-économique du pays (Bessaoud *et al.*, 2019).

Les falaises de Zerkouria à Ain Taya (Fig. 1), à l'est d'Alger (2,5 km de long), présentant à leur sommet des terres agricoles de qualité, ont été sélectionnées en raison de leur configuration géomorphologique favorable à la diffusion du signal DGPS « Differential Global Positioning System » (secteur ouvert) ainsi qu'à l'accessibilité comparée aux autres secteurs dans la région algéroise.

Le secteur de Zerkouria présente une superposition d'ardoise et de grès au niveau de ces falaises (Otmani, 2020).

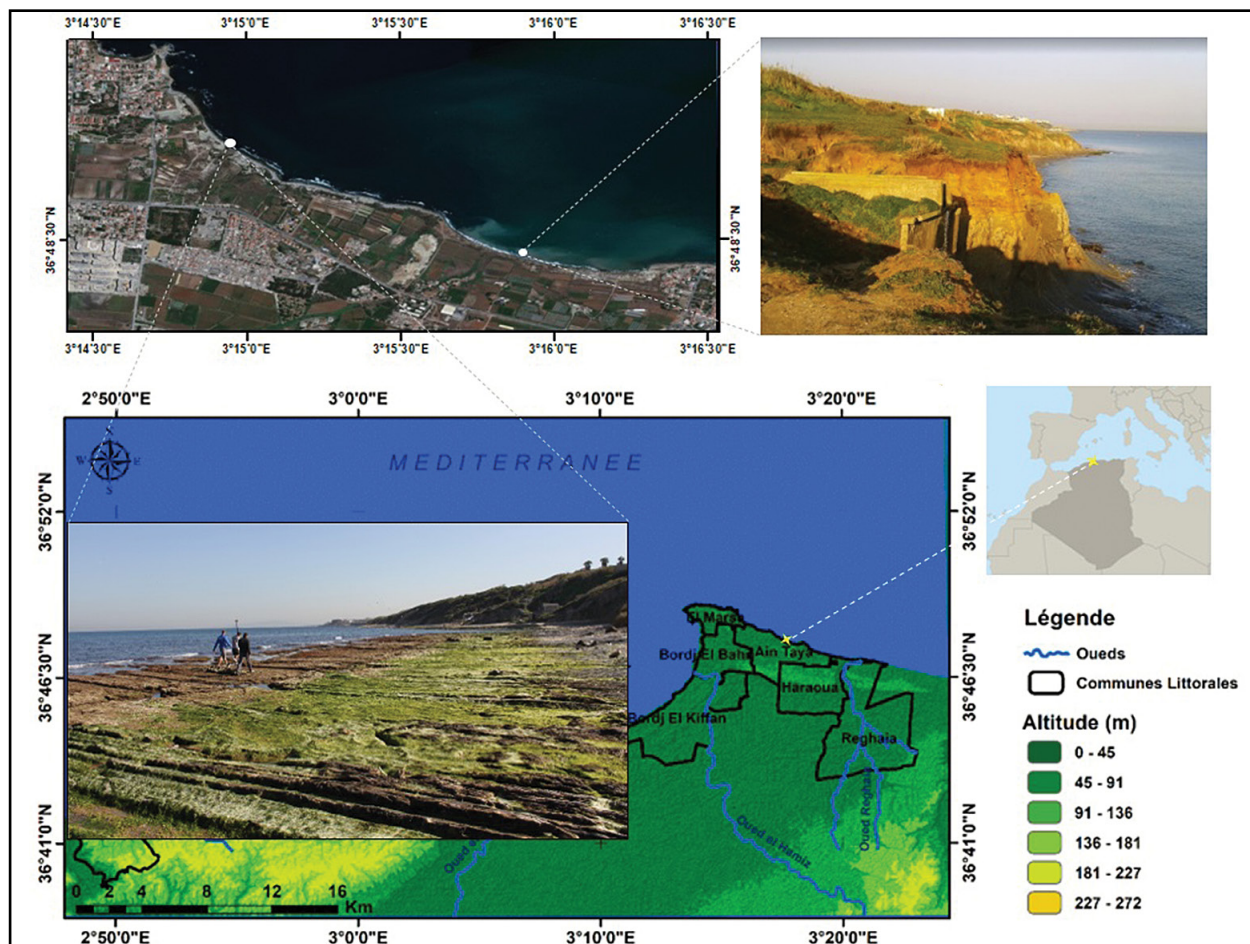


Fig. 1. Localisation géographique des falaises de Zerkouria (Ain Taya).

Pour le reste du secteur, les falaises sont de lithologie tendre (argileuse) avec présence d'un substratum marneux du Plaisancien qui fait office de couches imperméables, permettant ainsi la présence de nombreuses sources d'eau. Les roches sont jugées de fragile (Egis Eau, IAU-IDF, BRGM, 2013). Le secteur semble avoir été fortement touché lors du séisme de Boumerdes en 2003. Les tremblements de terre ont permis la remontée d'une grande quantité d'eau vers la partie supérieure des falaises qui se sont éboulées par solifluxion (Agabi *et al.*, 2018).

1.2. PRÉSENTATION DU SITE D'ÉTUDE

Les investigations menées dans le cadre de ce travail ont permis l'élaboration d'un diagnostic précis des différents facteurs et paramètres pouvant influencer l'évolution du site d'intérêt.

Pour le contexte climatique, la zone d'étude est marquée par deux périodes pluviométriques: une, très pluvieuse s'étalant du mois de septembre jusqu'au mois de mai, et une autre, plutôt sèche, allant du mois de juin au mois d'août. La moyenne annuelle des données des précipitations couvrant la période étudiée est de l'ordre de 460 mm/an (Otmani *et al.*, 2020).

Les vents soufflent environ 32,12 % du temps dans la région. La direction nord-est apparait comme la plus importante, la zone côtière est aussi à forte exposition par rapport à l'énergie hydrodynamique (vagues/houles) dont, la direction nord-est semble la plus pénalisante (Amarouche *et al.*, 2020). Au niveau des zones de contact vagues-falaises sont observés de nombreux éboulements (Fig. 2).

La géologie du site révèle que le Quaternaire est la principale formation et domine dans cette partie du littoral surplombant par discordance des couches généralement plaisanciennes (Pliocène). Un mélange entre des roches sédimentaires peu résistantes (grés) et des roches métamorphiques fragiles indique que la lithologie de cette zone est peu résistante aux attaques marines (Pierre, 2005; Bouhamadouche, 2012).

2. MÉTHODOLOGIE

On peut définir le trait de côte sur les falaises comme étant la séparation entre la falaise et l'estran (Aubié *et al.*, 2011). Dans cette étude, l'indicateur du trait de côte correspond à la limite de contact entre le jet de rive maximal et la structure de la falaise selon la configuration géomorphologique (Fig. 3).

Sur les falaises, les méthodes de détection et de cartographie du trait de côte sont multiples (Egis Eau, IAU-IDF, BRGM, 2013). Pour cet objectif d'étude, les anciens traits de côte ont été digitalisés sur des photos aériennes (Tab. 1). Un levé réalisé via DGPS « Differential Global Positionning System » est utilisée pour le trait de côte le plus récent.

Des investigations sur terrain, en collaboration avec l'Agence pour la Promotion et la Protection du Littoral (APPL) de la wilaya d'Alger, ont été effectuées en tenant compte de la météorologie marine de la région afin de s'assurer que la mer est calme pour acquérir des points de la position réelle du trait de côte ; et aussi réduire les risques liés aux investigations.



Fig. 2. (a), (b) - Traces d'écroulement du front de la falaise de Zerzouria (2018).

Tableau 1. Liste des photos, images et levés utilisés

Date	Type	Echelle	Type de fichier	Type d'image
1959	Photos aériennes	1/20 000	Geo-TIFF	Noir et Blanc
1980	Photos aériennes	1/20 000	Geo-TIFF	Noir et Blanc
2003	Photos aériennes	1/20 000	Geo-TIFF	Noir et Blanc
2018	Levés Topographiques du trait de côte par DGPS	/	XYZ	/

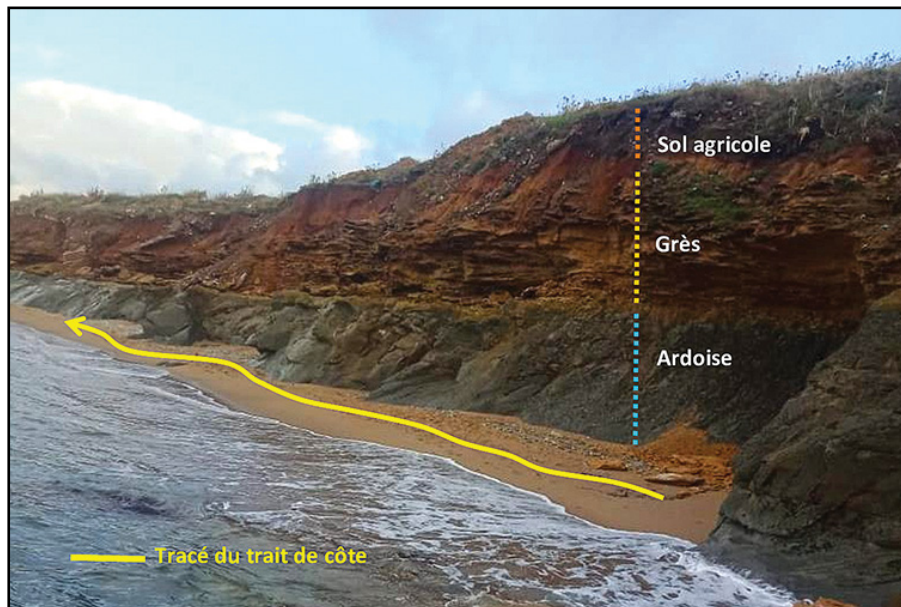


Fig. 3. Visualisation du trait de côte sur les falaises de Zerzouria.

2.1. ANALYSE DES DONNÉES

La cinématique du trait de côte a été évaluée à l'aide de l'extension DSAS (Digital Shoreline Analysis System) et sur ArcGIS 10.2_(WGS84). (Thieler *et al.*, 2009). Cet outil permet de réaliser un calcul statistique des taux d'évolution à partir des différents levés (Mallet et Michot, 2012).

Les résultats ont été établis sur 335 transects (longueur 300 m, espacement 25 m) afin d'assurer une meilleure appréciation des taux d'évolution. Ces transects sont perpendiculaires à une ligne de base générée de façon automatique sur le DSAS (Fig. 4) La représentation des résultats s'est faite conformément à la méthodologie indiquée en organigramme (Fig. 5).

2.2. CONSIDÉRATIONS DE TERRAIN

Une vérification du terrain du profil de la falaise reste indispensable lors de la considération de la limite supérieure ou inférieure comme indicateur de trait de côte. Ainsi, dans le cas de profils inversés, la projection verticale de la limite supérieure devance celle de la limite inférieure. Ceci est fréquemment observé lors du processus d'érosion des falaises (Fig. 6). Une prise de vue verticale peut induire l'opérateur en erreur lors du tracé de la ligne de rivage. Enfin, l'existence de plages en poche, dont la présence est surtout saisonnière et définissant par moments des zones d'accrétions considérées lors de l'étude, peut aussi représenter une source d'erreur

sur le constat d'évolution des falaises (évolution saisonnière normale), notamment dans les représentations graphiques des statistiques calculées (Tab. 2).

3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Le linéaire côtier de la zone de Zerzouria (Ain Taya) est une zone à falaises décrite comme une avant côte dont le caractère morphodynamique est réflexif (Bouakline, 2009).

Une analyse de l'évolution du trait de côte a été effectuée sur trois périodes distinctes 1959-1980, 1980-2003 et 2003-2018. Le but étant de comprendre les tendances de l'évolution dans Zerzouria, seules les périodes marquées par une dynamique significative seront sélectionnées lors de la présentation des résultats. Les paramètres EPR (End Point Rate) et NSM (Near Shoreline Mouvement) ont été sélectionnés pour l'évaluation de l'évolution sur le site.

L'EPR est un paramètre statistique qui décrit la distance parcourue par les variations du trait de côte (Thieler *et al.*, 2009); c'est un taux calculé en divisant la distance entre la position du trait de côte initiale et la plus récente par le temps écoulé. Le NSM, traduit la distance entre deux positions de traits de côte. L'avantage principal de ces paramètres est la facilité de calcul et les exigences minimales pour les données d'entrée (deux traits de côte) (To and Thao, 2008).

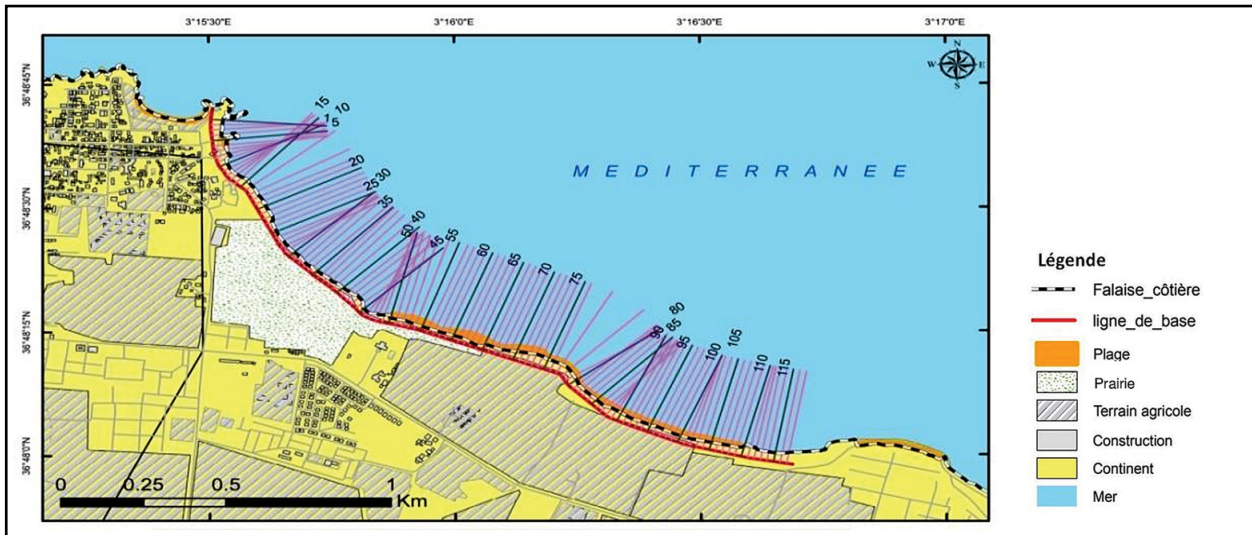


Fig. 4. Visualisation des transects générés dans la zone de Zerzouria.

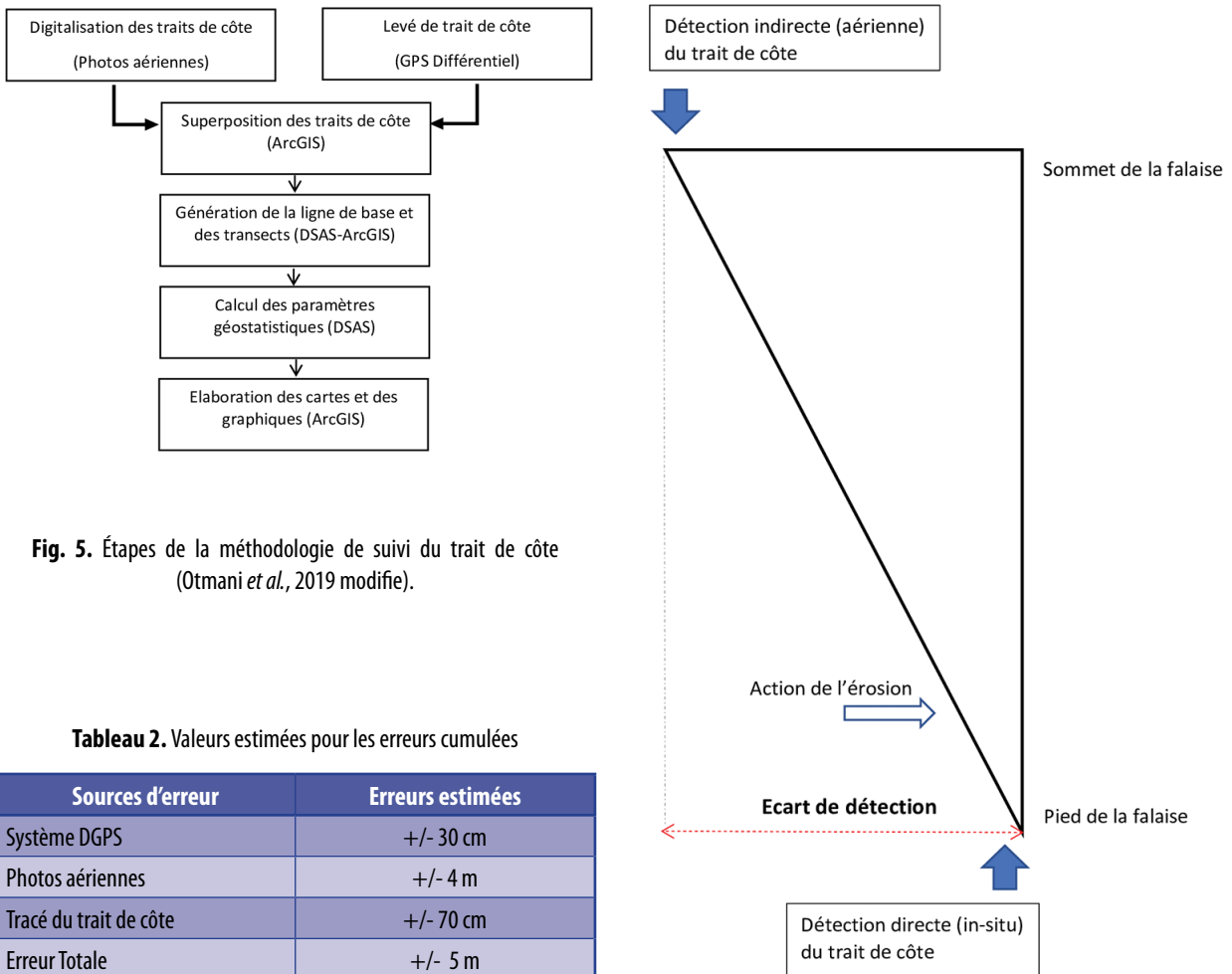


Fig. 5. Étapes de la méthodologie de suivi du trait de côte (Otmani *et al.*, 2019 modifie).

Tableau 2. Valeurs estimées pour les erreurs cumulées

Sources d'erreur	Erreurs estimées
Système DGPS	+/- 30 cm
Photos aériennes	+/- 4 m
Tracé du trait de côte	+/- 70 cm
Erreur Totale	+/- 5 m

Fig. 6. Ecart de détection dans les zones à falaises

3.1. PÉRIODE GLOBALE (DE 1959 À 2018)

L'EPR global est de $-0,08$ m/an. Cette valeur montre que la zone suit le schéma classique d'évolution des falaises (forme vouée au recul). Toutefois, l'observation sur les transects (75 à 106) indique qu'une érosion très importante s'est produite sur cette partie (Fig. 7). Les sorties de vérification sur terrain (jusqu'à 2018) ont confirmé cette observation qui semble être amplifiée par la lithologie très fragile.

La zone a beaucoup perdu de ses terres sur la période globale, notamment sur la partie est, ou environ 42 mètres (NSM_{max}) ont été érodés avec une vitesse de recul qui avoisinait parfois les -0.71 m/an.

Le facteur hydrodynamique semble jouer un rôle très important à travers les attaques marines, notamment en période de tempêtes (Autret *et al.*, 2016; Budetta, 2011), où souvent l'orientation par rapport aux falaises est pénalisante.

L'analyse à court terme (2003 à 2018) a permis de mieux évaluer l'ampleur de l'aléa érosion sur les falaises de Zerzouria.

Pour les 15 précédentes années, l'EPR moyen affiche une valeur de $-0,81$ m/an et le NSM est de $-11,61$ m. Cette très haute érosion, rapide, semble être installée dès la mise en place des ouvrages de protection en 2008 (épis – brise lames) au niveau de la plage de Surcouf, adjacente à cette zone

(Fig. 8). L'expansion de l'urbanisation a induit l'augmentation des enjeux avec le besoin de protéger les biens installés sur la zone côtière, suite aux épisodes de tempêtes de 2007 et 2015 (Bouakline, 2009; Otmani *et al.*, 2020).

3.2. DISCUSSION

L'analyse de l'évolution des falaises de Zerzouria a permis de constater une forte liaison entre leur dynamique et celle de la région de façon générale (Bouakline, 2009; Otmani *et al.*, 2020). En effet, la tendance évolutive du littoral est en récession pour la période d'étude, ceci se traduit par les pertes énormes des terrains comme le montre le tableau 3.

Les falaises de Zerzouria semblent présenter une évolution relativement stable dans le passé, avec la formation des plages aux pieds des falaises qui représentent une forme naturelle de protection. Toutefois, la rapidité du phénomène d'érosion des falaises indique l'existence de facteurs déterminants (Fig. 9). Les investigations sur le terrain ont permis de confirmer certains d'entre eux:

- Sur le plan naturel, l'activité hydrodynamique est très active et se manifeste par de violentes attaques marines, particulièrement en période de tempêtes (Basara, 2019), comme l'indiquent les enregistrements de l'office national de météorologie (ONM).

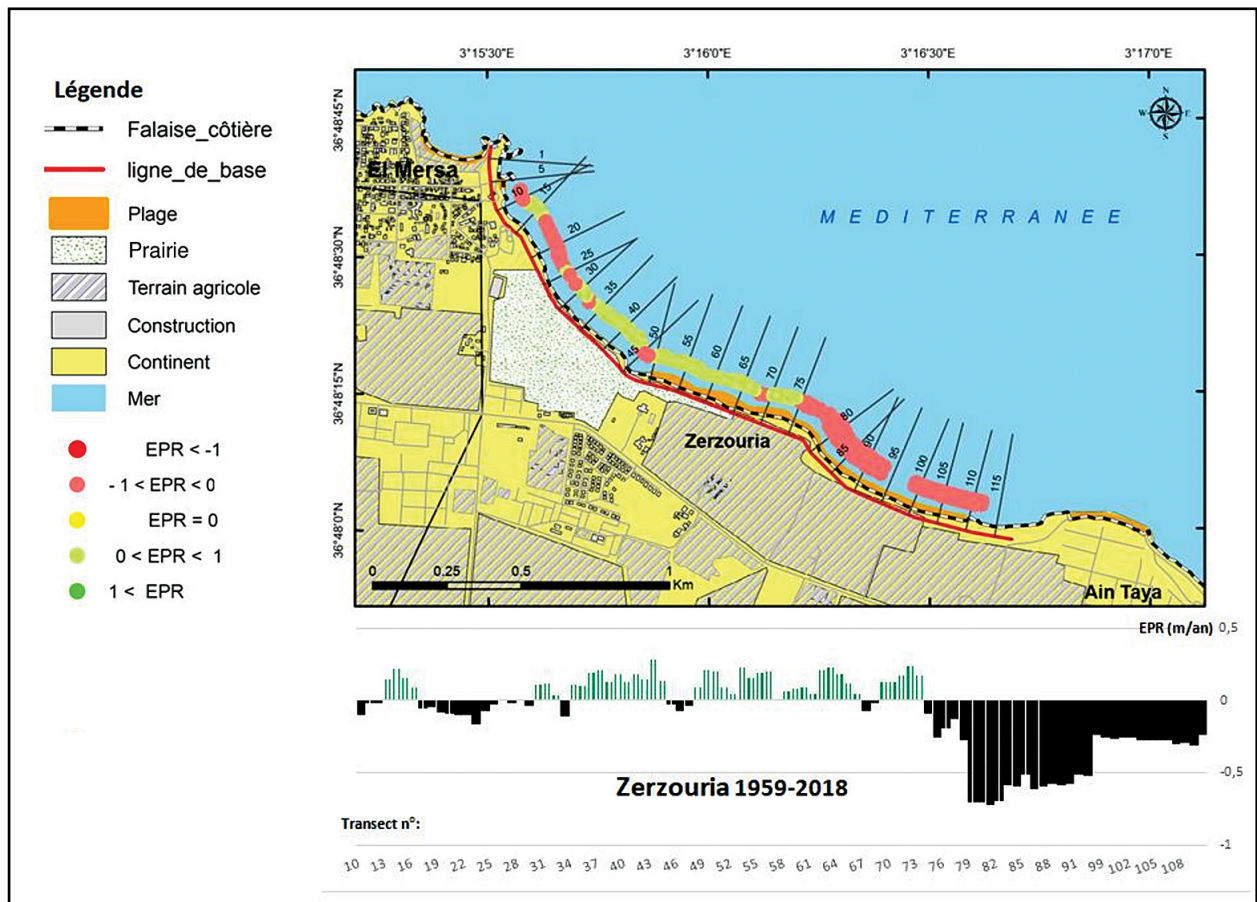


Fig. 7. Cartographie de l'érosion côtière dans la période de 1959-2018 sur les falaises de Zerzouria.

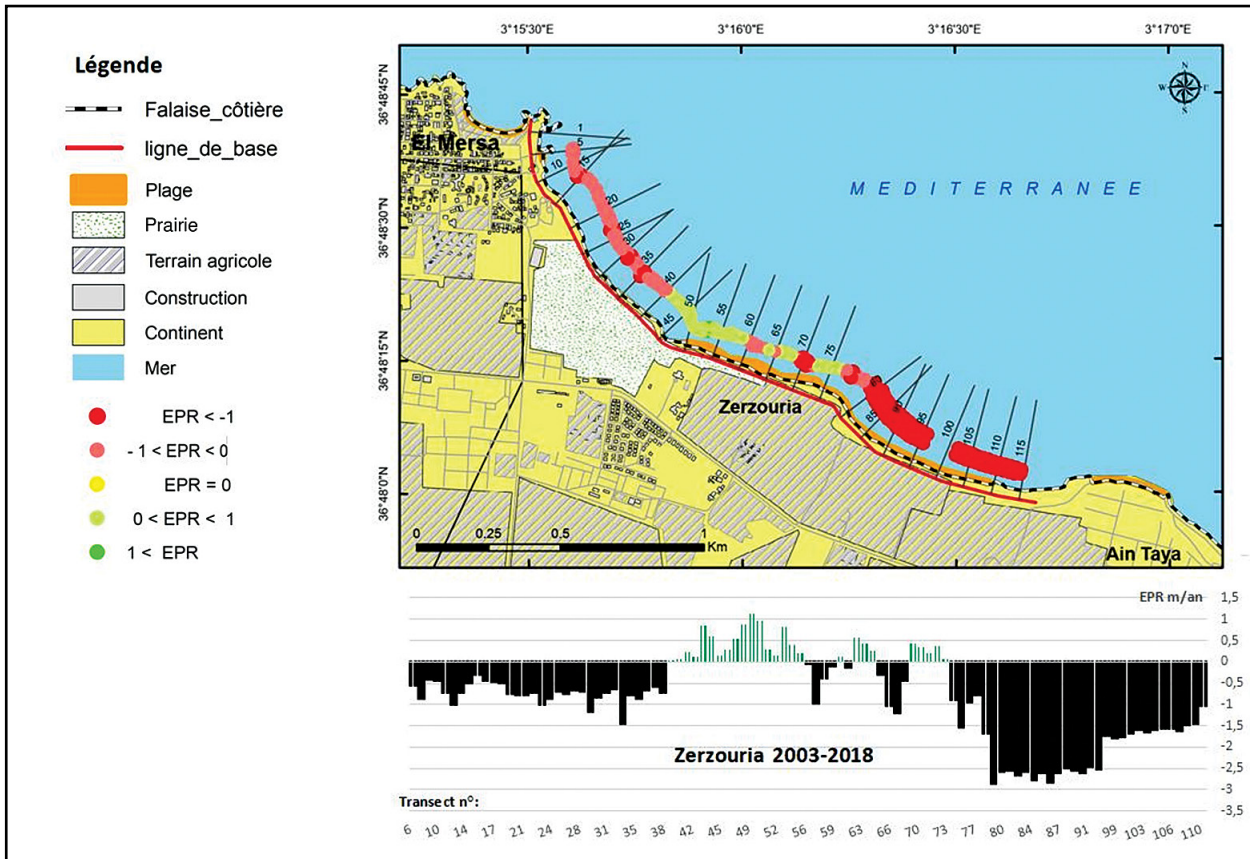


Fig. 8. Cartographie de l'érosion côtière dans la période de 2003-2018 sur les falaises de Zerzouria.

Tableau 3. Bilan surfacique des parcelles érodées au niveau des falaises de Zerzouria.

Zerzouria		Min	Moy	Max	Bilan surfacique (m ²)		
					Gain	Perde	Bilan
1959-1980	EPR	-0,27	0,03	0,49	995	-1016,6	-21,6
	NSM	-5,61	0,67	10,38			
1980-2003	EPR	-0,09	0,25	0,54	5693,2	-77,4	5615,8
	NSM	-2,13	5,85	12,46			
2003-2018	EPR	-2,85	-0,81	1,14	2996,2	-25989,4	-22993,2
	NSM	-10,74	-11,61	16,36			
1959-2018	EPR	-0,71	-0,08	0,28	7027,2	-16076,4	-9049,2
	NSM	-41,32	-4,71	16,4			

- La configuration géomorphologique de la zone, où se combinent à la fois un caractère morphologique réflectif dû à la bathymétrie accidentée et une orientation pénalisante qui expose les falaises aux vagues les plus énergétiques.
- Une lithologie peu résistante (grès friable), fragilisée par la présence de sources d'eau naturelles.
- L'activité anthropique agit sur le bilan sédimentaire et les échanges entre Zerzouria et les plages adjacentes. En effet, l'absence d'ouvrages ou de formes de protection

consistantes a longtemps permis d'éviter toute perturbation dans la dynamique sédimentaire de ce secteur. L'installation des ouvrages de Surcouf en 2008-2009 a eu un sérieux impact sur le secteur de façon générale et sur les falaises de Zerzouria de façon très particulière. La réduction des apports solides de l'Oued Réghaia à travers les aménagements au point de contact lac-oued et le décalage de son embouchure semblent aussi avoir un impact sur ces falaises, même s'il reste indirect.



Fig. 9. Facteurs intervenant dans la perte des terres au niveau des falaises de Zerzouria.

- Les facteurs continentaux se font de plus en plus sentir à travers la pression qu'ils exercent, ces facteurs se manifestent essentiellement par la croissance de l'urbanisation ainsi que la pollution qu'elle engendre (Rabehi *et al.*, 2018).
- Il est à noter que la méthodologie d'acquisition des levés via DGPS, ne semble pas la plus adéquate pour les investigations dans ce système côtier de falaises.

4. VALORISATION ÉCONOMIQUE DES TERRES PERDUES PAR ÉROSION MARINE

L'importance économique des côtes d'accumulations est souvent mise en lumière à travers le volet touristique, a contrario, les côtes à falaises se présentent comme une zone d'ombre lors de l'évaluation de l'importance des systèmes côtiers, leur valeur économique globale est difficile à évaluer.

L'érosion des falaises est une perte irréversible pour la société, bien qu'elle permet dans un autre sens, de fournir des sédiments aux plages qui peuvent former un tampon protection face à l'assaut des vagues (Fig. 10). Pour mesurer cette perte, il importe d'identifier où elle est susceptible de se produire, son ampleur et les services susceptibles d'être affectés. Les pertes de terrain causées par l'érosion peuvent être évaluées en tenant compte de la longueur de la façade exposée à la mer et du recul anticipé annuellement, il est

possible d'évaluer le nombre de mètres carrés perdus dans l'ensemble du secteur affecté (Rioux *et al.*, 2008).

Deux méthodes de valorisation ont été sélectionnées pour ce travail. La première consiste à évaluer de manière statique (ou fixe) la valeur des terrains perdus actuellement T. La seconde, dynamique, fait office d'une possibilité d'évolution du coût avec le temps, et porte plutôt sur la valeur de la production annuelle des terres perdues.

Pour ce cas d'étude, la période de 2003-2018 (15 ans) semble être marquée par l'évolution des falaises, elle a été sectionnée pour projeter un exemple de valorisation. La valeur du mètre carré de terrain a été obtenue via une enquête sur le terrain auprès des agences immobilières, mais aussi par l'évaluation des valeurs foncières moyennes consultées sur des sites de vente de terrains dans la région d'Ain Taya (Tab. 4).

Selon le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (MADR), la valeur de la productivité annuelle est d'environ 300 quintaux par hectare pour les cultures maraichères, soit 30 tonnes/hectare/an (MADR, 2017). Le choix de ce type de culture en dépit de celles stratégiques (blé, maïs, etc.) a été effectué en fonction de la vocation générale des cultures sur les terres de Ain Taya. Ce constat a été vérifié sur le terrain (Tab. 5).

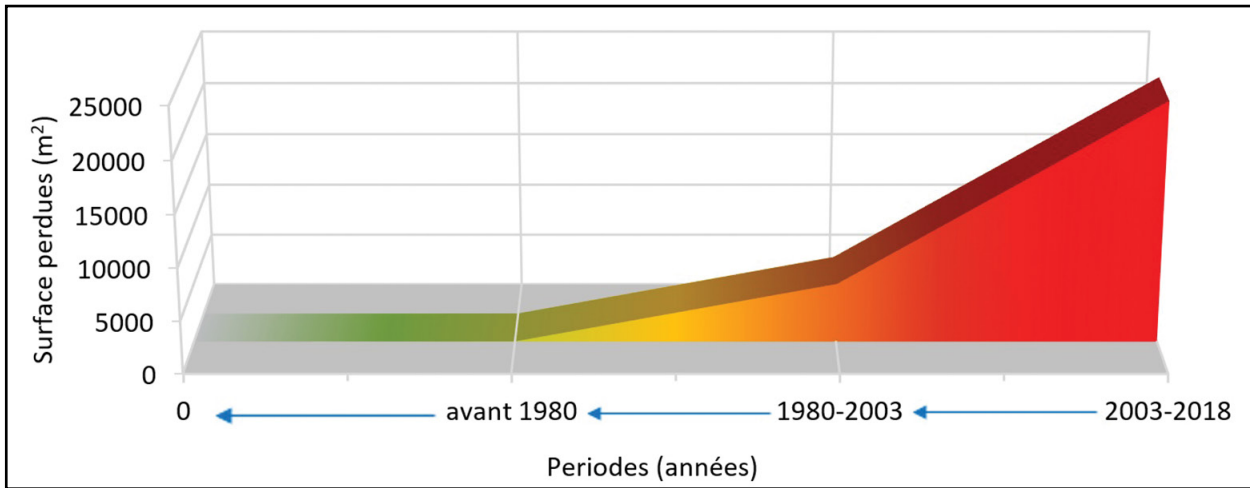


Fig. 10. Quantification des terres perdues par l'érosion côtière dans la période de 1959-2018 sur les falaises de Zerzouria.

Tableau 4. Montant Dinars algériens (Da) et Dollars (\$) des pertes de terres pour une considération urbanistique.

		Valeur locale du foncier	
Superficie perdue		Prix unitaire (Da/m ²)	140000
Mètre carré (m ²)	22993,2	Coût total (Da)	3219048000
Hectare (ha)	2,29932	Coût total (\$)	24 761 907,7

Tableau 5. Quantification (Tonne/hectare/an) de la perte annuelle en production agricole.

		Valeur de productivité annuelle
		Cultures maraichères
Quintenal (qx/ ha)		300
Tonnes (T/ ha)		30
Perte totale (T/ an)		689796

5. DISCUSSION

Cette étude a permis de comprendre, de façon générale, que la valorisation des terres perdues est complexe et exige des précautions particulières, notamment en ce qui concerne les mises à jour des valeurs en fonction du temps. En effet, une réduction de la valeur des pertes ne signifie pas automatiquement que l'érosion a diminué. Elle pourrait s'avérer plus le reflet d'une perte de valeur (Andersen, 2005).

La perte du foncier estimée à 2,4 millions de dollars semble énorme. Toutefois, elle a été évaluée à travers une optique d'urbanisation. Par ailleurs, la valeur calculée à travers la production agricole (estimée à 69 tonnes /an), semble annoncer un bilan qui peut évoluer dans le temps. Ceci rend cette évaluation plus complexe de par ses composantes : augmentation des pertes de terre, augmentation des prix des cultures ou même la mise à l'arrêt d'une partie de la main d'œuvre.

Les évaluations du recul sont à prendre plus comme des ordres de grandeur que des valeurs précises. Si l'estimation

de l'érosion dépend de la précision avec laquelle on peut le localiser, l'utilisation des valeurs foncières pour estimer les pertes liées à l'érosion doit être prise avec précaution. De plus, la prise en compte de l'impact des changements climatiques accroît fortement le risque économique (Costanza *et al.*, 2014).

Les impacts de l'érosion sont essentiellement sociaux et économiques (Ratsivalaka, 2012). L'érosion n'implique pas automatiquement des opérations de protections à lourd coût économique, le recul stratégique des habitats et des activités reste une option (Meur-Férec et Morel, 2004), souvent complexe, mais préconisée dans ce genre de cas. Les taux d'érosion sont aussi influencés par des mesures d'aménagement prises au cours de ces dernières années (Renschler et Harbor, 2002). Le secteur de Ain Taya a vu la mise en place d'ouvrages où l'exécution des travaux a eu des conséquences sur la dynamique sédimentaire et donc sur le taux d'érosion, en l'accéléralant ou en le ralentissant.

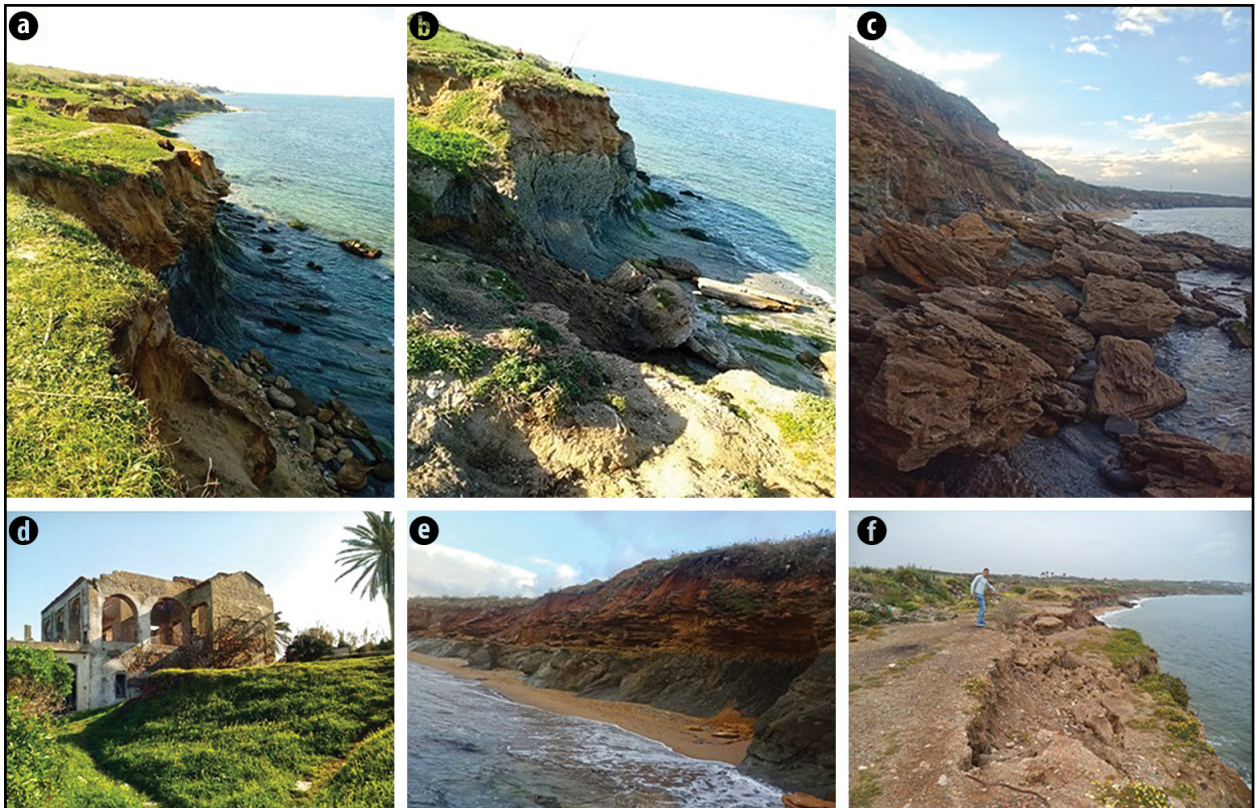


Fig. 11. Galerie de photos au niveau du site des falaises de Zerzouria.

Par ailleurs, les facteurs continentaux semblent jouer un rôle primordial, mais leur impact reste souvent non visible sur une échelle de temps réduite. Pour la région de Ain Taya la croissance de l'urbanisation des secteurs adjacents à Zerzouria (Rabehi *et al.*, 2018) a impliqué une plus grande sollicitation des terres agricoles et donc une plus grande pression, malheureusement l'évolution des pratiques agricoles ainsi que les systèmes d'irrigation des cultures n'ont pas été explorés dans ce travail. Elles restent des pistes intéressantes pour bien définir, avec les sources naturelles, le bilan hydrique réel dans Zerzouria.

6. CONCLUSION

Ce travail a permis l'identification et l'élaboration d'un diagnostic du système côtier « falaises » dans la zone algéroise (Fig. 11). Il a permis de comprendre que leur évolution est régie non seulement par le forçage hydrodynamique, mais aussi par des facteurs continentaux et des interventions anthropiques dont la conjugaison engendre notamment la perturbation des flux sédimentaires dans la zone.

Par une évaluation économique des pertes par érosion des terres agricoles, il devient possible de déterminer si les mesures d'adaptation sont soutenables. Toutefois, l'évaluation de la fragilité n'est qu'une étape pour envisager l'impact de l'érosion et, d'aider à formuler, dans une approche adaptative, la tolérance face au risque.

La comparaison, sous un volet de fragilité, de la composition géologique et configuration géomorphologique des zones à falaises dans la région d'Alger; a pu apporter des explications sur la variation de la ligne rivage. La méthodologie impliquant l'usage du DGPS, bien que très précise, ne semble pas la plus adéquate pour les investigations dans ce genre de systèmes, le lidar et les drones semblent être de meilleures options pour les falaises hautes ou vives.

La continuité du phénomène érosif parfois amplifié par des événements de tempêtes suscite à comprendre le phénomène de l'érosion et à évaluer ses conséquences, ce qui permettra de mieux gérer ce risque côtier.

Les résultats de ce travail ouvrent des perspectives pour mener des recherches poussées sur les falaises de la zone algéroise. L'atteinte de cet objectif passe par l'actualisation des données du réseau du suivi de trait de côte avec des outils précis. L'étude de valorisation socioéconomique reste maigre et à enrichir dans l'avenir. Une orientation vers un contexte d'études de GIZC (Gestion Intégrée des Zones Côtières) s'avère indispensable, l'exemple de la perte de terre à Ain Taya économiquement évalué a pu donner un aperçu sur l'arrière-pays de la zone de Zerzouria qui est essentiellement à vocation agricole et à rentabilité annuelle. Ce bilan des pertes économiques irréversibles est donc actualisable.

REMERCIEMENTS

Les auteurs adressent leurs remerciements, les plus vifs à l'équipe du réseau de trait de côte de l'Agence de Protection et de Promotion du Littoral (APPL), aux membres du laboratoire des écosystèmes marins et littoraux (EcoSysMarl) de l'École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL, Alger), un grand merci est tout autant adressé à toute l'équipe du Laboratoire Espace Géographique Et Aménagement du Territoire (EGEAT) de Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed (UMBA, Oran) pour la précieuse collaboration.

BIBLIOGRAPHIE

- AGABI Z., BENBRAHAM M., OTMANI H. (2018). Diagnostic et étude de l'évolution des falaises de la région algéroise. *Master, Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, ENSSMAL, Alger.*
- AMAROUCHE K., AKPINAR A., BACHARI N.E.I., HOUMA F. (2020). Wave energy resource assessment along the Algerian coast based on 39-year wave hindcast. *Renewable Energy*, **153**: 840-860. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.02.040>
- ANDERSEN T.J. (2005). Applications of Risk Financing Techniques to Manage Economic Exposures to Natural Hazards. *Technical Paper Series*, Inter-American Development Bank: Washington, DC, 60 p. <http://pietrom.com/public/admin/immagini/365.pdf>
- AUBIE S., MALLET C. ET FAVENNEC J. EN COLLABORATION AVEC HOAREAU A. (2011). Caractérisation de l'aléa érosion (2020-2040) de la Côte Aquitaine dans le cadre de l'étude stratégique de gestion du trait de côte. *Observatoire de la Côte Aquitaine, rapport final*, BRGM/RP-59095-FR, 59 illus., 97 p., 2 Ann.
- AUTRET R., SUANEZ S., FICHAUT B., ETIENNE S. (2016). Élaboration d'une typologie des dépôts de blocs supratidaux de sommets de falaise de la péninsule de Reykjanes (Islande). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, **22**(1): 61-76. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.11272>
- BASARA N. (2019). L'érosion des littoraux à falaises meubles en Bretagne : aléa, enjeux et gestion du risque. *Thèse de doctorat, Géographie. Université de Bretagne occidentale - Brest*, 2019. NNT : 2019BRES0066. tel-02468907, 414 p. https://bretagne-environnement.fr/sites/default/files/These-2019-Geographie-BASARA_Noemie.pdf
- BESSAOUD O., PELLISSIER J.-P., ROLLAND J.-P., KHECHIMI W. (2019). Rapport de synthèse sur l'agriculture en Algérie, (Rapport de recherche) CIHEAM-IAMM, 82 p.
- BOUAKLINE S. (2009). Variations historiques de la ligne de rivage et érosion côtière le long de la côte Est algéroise entre Cap Matifou et l'embouchure de l'oued Reghaïa. *Mémoire de Magister en géomorphologie*, USTHB, Alger.
- BOUHMAODOUCHE M. (2012). Contribution à l'étude géologique et sédimentologique de la grande baie de Zemmouri (Cap-Matifou – Cap-Djinet). *Thèse de doctorat d'Etat Option Géologie Marine*, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, Algérie.
- BUDETTA P. (2011). Stability of an undercut sea-cliff along a Cilento coastal stretch (Campania, Southern Italy). *Nat Hazards*, **56**: 233-250. <https://doi.org/10.1007/s11069-010-9565-y>
- COSTANZA R., DE GROOT R., SUTTON P., VAN DER PLOEG S., ANDERSON S.J., KUBISZEWSKI I., FARBER S., TURNER R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services., **26**: 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>
- EGIS EAU, IAU-IDF, BRGM (2013). Etude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels. Phase 1 – Evaluation et représentation des sources de vulnérabilité: Rapport final, 298 p. https://issuu.com/pnowb/docs/acc_alger_phase_1_final_part1_0
- EL MOKADDEM A., CHIKHAOUI M., NAIMI M., CHEKROUN S. (2019). Évaluation des coûts de la dégradation des sols agricoles par l'érosion hydrique : Cas du bassin versant Tleta. *Rev. Mar. Sci. Agron. Vét.*, **7**(2) : 333-342.
- MALLET C., MICHOT A., DE LA TORRE Y., LAFON V., ROBIN M., PREVOTEAUX B., (2012). Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte. Rapport BRGM/RP-60616-FR, 162 p., 100 fig., 7 ann.
- MEUR-FÉREC C., MOREL V. (2004). L'érosion sur la frange côtière : un exemple de gestion des risques. *Natures Sciences Sociétés*, **12** : 263-273. <https://www.cairn.info/revue-natures-sciences-societes-2004-3-page-263.htm>
- MADR – MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE ET DU DÉVELOPPEMENT RURAL (2017). Rapport de production agricole. <http://www.ons.dz/IMG/pdf/ProdAgrico2016-2017.pdf>
- OTMANI H. (2020). Étude et évaluation de la vulnérabilité des systèmes côtiers dans la région algéroise. *Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral, ENSSMAL, Alger, Algérie.*
- OTMANI H., BELKESSA R., BENGOUFA S., BOUKHEDICHE W., DJERRAI N., ABBAD K. (2020). Assessment of shoreline dynamics on the Eastern Coast of Algiers (Algeria): a spatiotemporal analysis using in situ measurements and geospatial tools. *Arab, J. Geosci.* **13**: 124. <https://doi.org/10.1007/s12517-020-5069-6>
- OTMANI H., BELKESSA R., RABEHI W., GUERFI M., BOUKHEDICHE W. (2019). Dégradation des Dunes côtières algéroises entre pression de l'urbanisation et conséquences sur l'évolution de la ligne de rivage. *Geo-Eco-Marina*. **25**: 131-145. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3609777>

- PIERRE G. (2005). Structure et évolution des falaises gréseuses et argileuses du cap Gris-Nez (Boulonnais, France). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, **11**(4): 297-310. <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.578>
- RABEHI, W., GUERFI M., MAHI H. (2018). Cartographie de la vulnérabilité des communes de la baie d'Alger. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens / Journal of Mediterranean geography*, (Online), Urban Spaces. <https://journals.openedition.org/mediterranee/8625>
- RATSIVALAKA S.R. (2012). Perception paysanne de la dégradation des terres et des types d'érosion : impacts des programmes de LAE sur la restauration de la productivité des sols à Madagascar, p. 591-606, In: Roose É., Duchaufour H., De Noni G. (Eds.), *Lutte Antiérosive : Réhabilitation Des Sols Tropicaux et Protection Contre Les Pluies Exceptionnelles*, Colloques et Séminaires. IRD Éditions, Marseille, 758 p.
- RENSCHLER C.S., HARBOR J. (2002). Soil erosion assessment tools from point to regional scales - the role of geomorphologists in land management research and implementation: 189-209, In: Knuepfer P.L.K, Petersen J.F. (Eds.), *Geomorphology in the Public Eye: Political Issues, Education, and the Public*. *Geomorphology*, **47**(2-4): 95-366. [https://doi.org/10.1016/S0169-555X\(02\)00082-X](https://doi.org/10.1016/S0169-555X(02)00082-X)
- RIOUX C., ROUSSEL D., EISENBERG A., KLEISER M., LEVESQUE M.-C. (2008). Évaluation économique des risques associés à l'érosion des zones côtières et aux méthodes d'adaptation dans le golfe du Saint-Laurent : secteurs de Septîles, Percé et des Îles de-la-Madeleine. *Gestion des ressources maritimes, Département des sciences de la gestion, Université du Québec à Rimouski. Rapport de recherche remis à Consortium Ouranos et au PIACC de Ressources naturelles Canada (projet A-1414)*, 75 p.
- THIELER E.R., HIMMELSTOSS E.A., ZICHICHI J.L., ERGUL A. (2009). The Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0, an ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change. U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.
- TO D. V., THAO P.T.P (2008). A Shoreline Analysis using DSAS in Nam Dinh Coastal Area. *IJG: International Journal of Geoinformatics*, **4**(1): 37-42, <https://creativitycity.gssc.osaka-cu.ac.jp/IJG/article/view/607>