

## **L'érosion de la falaise côtière de Haouzia : évaluation et évolution spatio-temporelle**

**Soukaina KHOUAJA<sup>\*</sup>, Mohamed OUADIA, Ayoub ECH-CHOURFY et El Mehdi IRZAN**

*Laboratoire Géosciences et Techniques de l'Environnement, Département de Géologie, Faculté des Sciences, Université Chouaib Doukkali, Route Ben Mâachou, BP 20, 24000 El Jadida, Maroc*

<sup>\*</sup> Correspondance, courriel : [ayahiba96@gmail.com](mailto:ayahiba96@gmail.com)

### **Résumé**

Cette étude qui intéresse, pour la première fois, la falaise restreinte de Haouzia au Nord-Est d'El Jadida, montre l'existence d'une relation étroite entre cette falaise, les éboulements résultant de son érosion et les profils de plages ainsi que la dynamique marine. Vu l'hétérogénéité de cette falaise, on l'a subdivisée en deux secteurs composés au total de huit zones pour pouvoir évaluer quantitativement et qualitativement son érosion. Sur le plan évolution spatio-temporelle, elle recule en moyenne de 23 cm/an et par conséquent elle présente un risque qui nécessite une urgente intervention pour sa protection. Quantitativement, là où l'érosion de la falaise est forte (zones 2, 3 et 4), le nombre de blocs est faible ce qui traduit leur résistance à l'érosion. La densité des blocs est liée aux petits blocs, à la surface de la plage, au replat sur la falaise 2 et à la rugosité de la plateforme. Qualitativement, les divers paramètres reflètent l'influence de la croûte calcaire, la présence d'un paléosol rouge (zones 2, 3 et 4) et la faible hauteur de la falaise 1 (zones 7 et 8) sur la taille et sur la forme des blocs. Les indices des blocs prouvent l'action chimique de l'eau de la mer (zone 8), l'influence de la croûte calcaire (zone 2), la dynamique marine forte (zone 3) et l'interférence des dynamiques de milieux avoisinants (zone 6). La direction des blocs est étroitement liée à celle de la falaise 1 et au déferlement des vagues dans le secteur ouest et à la présence du couloir dans le secteur est. Par contre, le pendage des blocs dépend de la dynamique marine. Enfin, tous ces facteurs sont en interaction entre eux et ne cessent d'avoir un impact, à la fois sur la falaise et sur son évolution spatio-temporelle.

**Mots-clés :** *littoral atlantique marocain, falaise de Haouzia, profil de plage, érosion, recul, éboulements.*

### **Abstract**

#### **The erosion of the coastal cliff of Haouzia: Evaluation and spatio-temporal evolution**

This study that interests, for the first time, the restricted cliff of Haouzia northeast of El Jadida, shows the existence of a close relationship between this cliff, landslides resulting from erosion and profiles of beaches as well as the dynamic marine. Given the heterogeneity of this cliff, has divided it into two sectors consisting in total of eight areas to assess quantitatively and qualitatively erosion. On the spatio-temporal evolution plan, it backtracks on average of 23 cm/year and therefore it poses a risk that requires urgent intervention for their protection.

Quantitatively, where the erosion of the cliff is high (areas 2, 3 and 4), the number of blocks is low which reflected their resistance to erosion. The density of the blocks is linked to small blocks, to the surface of the beach, on the cliff 2 replat and the roughness of the platform. Qualitatively, the various parameters reflect the influence of the limestone crust, the presence of a red paleosol (zones 2, 3 and 4) and the low height of the cliff 1 (zones 7 and 8) on the size and the shape of the blocks. The indices of the blocks show the chemical action of the water of the Sea (zone 8), the influence of the limestone crust (zone 2), strong marine dynamics (zone 3) and the interference of the dynamics of adjacent environment (zone 6). The direction of blocks is closely linked to cliff 1 and the onslaught of the waves in the West and to the presence of the corridor in the East sector. On the other hand, the dip of the blocks depends on the marine dynamics. Finally, all these factors are interacting with each other and continue to have an impact, both on the cliff and its spatio-temporal evolution.

**Keywords :** *Moroccan Atlantic coast, cliff Haouzia, profile of decline, erosion, recoil landslides.*

## 1. Introduction

Le littoral au Nord-Est d'El Jadida (composé de la baie de Haouzia) est caractérisé par sa plage vaste et sableuse. Quelques études ont intéressé ses profils essentiellement sableux en particulier celles de [1]. Néanmoins, la partie sud-ouest de cette baie qui est rocheuse renferme, par endroit, des petites plages bordées du côté Est par une falaise vive. Cette dernière, quoique petite et limitée dans l'espace, est très affectée par la dynamique marine. Le but de ce travail est de mettre, pour la première fois, l'accent sur l'érosion de cette falaise et les éboulements qui en découlent tout en essayant de les évaluer quantitativement et qualitativement. Cette étude vise aussi à mettre en exergue le risque que peut engendrer cette érosion [2-3] et d'expliquer l'évolution, dans l'espace et dans le temps, de cette dernière et de mettre en relief les différents paramètres qui en sont la cause.

## 2. Situation et cadre géographiques

La région étudiée fait partie de la côte atlantique marocaine. Elle est limitée au Nord Est par la ville d'Azemmour et au Sud-Ouest par la ville d'El Jadida. Ses Coordonnées Lambert sont :  $33^{\circ}14'41.11''$  Nord /  $8^{\circ}28'01.08''$  Ouest et  $33^{\circ}14'42.23''$  Nord /  $8^{\circ}27'53.29''$  Ouest. Elle sépare entre les deux baies à plages sableuses et plus fréquentées lors des périodes estivales: la plage de Haouzia au Nord Est et la petite plage d'El Jadida au Sud-Ouest. Contrairement à ces deux plages, la plage du secteur étudié est rocheuse mais renferme quelques petites plages sableuses et discontinues. La plage rocheuse, objet de ce travail, est bordée d'une falaise côtière vive. Cette qui est sous l'action d'une érosion très active (*Figure 1*). Elle est façonnée dans des calcarénites peu consolidées quaternaires recouvertes à la surface par une végétation très dégradée. Les éboulements résultant de cette érosion, formés de blocs de taille, de forme et de répartition diverses, sont accumulés au pied de la falaise.



**Figure 1 :** *Situation géographique de la falaise de Haouzia (photos Google Earth)*

### 3. Matériel et méthodes

Pour l'évaluation de la quantité et de la qualité des blocs résultants de l'érosion de la falaise de Haouzia on a procédé à la mensuration de certains paramètres des blocs en nous inspirant de la méthode applicable à la mensuration des galets [4] mais légèrement modifiée pour la faire adapter aux blocs. En effet, les paramètres mesurés sont  $L_s$  : longueur de la face supérieure ;  $L_i$  : Longueur de la face inférieure ;  $l_s$  : largeur de la face supérieure ;  $l_i$  : Largeur de la face inférieure ;  $E$  : épaisseur et  $D$  : diagonale. Des mesures du degré de l'inclinaison et de la direction de l'axe et celle de l'inclinaison des blocs sont également prises. Concernant la falaise, sa hauteur, sa pente et les distances la séparant du rivage, du niveau de la haute et de la basse marée sont mesurées. Les profils de plage, en face de la falaise étudiée, sont également relevés. Le matériel utilisé est formé, pour la falaise, les blocs et les profils de plage, essentiellement de : mètre, boussole, GPS, niveleur, cartes topographiques et géologiques ainsi que des photographies aériennes et des photos Google Earth. Des indices sont calculés, par la suite, à partir de ces paramètres mesurés, puis des graphiques ont été établis, commentés et interprétés. Des courbes de profils de plage ont été également tracées, commentées et interprétées.

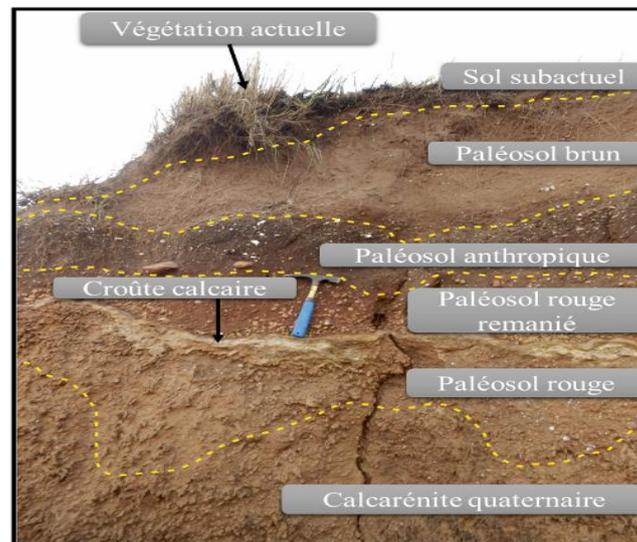
### 4. Résultats

#### 4-1. La falaise

##### 4-1-1. Description

Il s'agit d'une falaise, façonnée dans des calcarénites du Quaternaire récent formant un cordon duniaire consolidé et allongé parallèlement à la côte [5-7]. Seule la partie Est de ce cordon affleure mais la partie Ouest, partiellement érodée, est immergée dans l'eau de la mer. La lithologie de ce dernier est hétérogène. Elle est composée d'une calcarénite qui se termine par un paléosol rouge coiffée par une croûte calcaire discontinue ayant nécessité des conditions particulières pour sa genèse [8]. Sur cette dernière est développé un paléosol rouge remanié (environ 35 cm) surmonté par un paléosol anthropique puis par un paléosol brun (environ 21 cm) et enfin par un sol subactuel moins épais (environ 17cm) (**Figure 2**). C'est une falaise exposée à l'action de la dynamique marine (comme le cas de la côte québécoise [9]).

Elle est étendue sur une distance d'environ 200 m et d'une hauteur qui peut atteindre 3 m. Latéralement, sa forme et sa hauteur varient peu. Sa pente est, également, irrégulière. Une végétation peu développée et moins dense (type arbuste) est développée à sa surface. Par endroit, à son pied, existe une petite falaise (environ 1,60 m de hauteur et discontinue latéralement) (falaise 2). Le profil et l'espace la séparant du niveau de la basse marée est variable de point de vu pente de la plate-forme, régularité et concentration des blocs. Une troisième falaise 'F3' est, par endroit, visible loin de F1 et de la F2, elle est peu représentée dans l'espace et sa hauteur peut atteindre environ 2 m. Pour bien finaliser l'étude, on a subdivisé la région en plusieurs zones en fonction de la complexité et de la particularité de chaque zone dont six zones dans la partie ouest et deux zones dans la partie est. Ces deux parties sont séparées par une petite plage sableuse.



**Figure 2 :** Coupe lithostratigraphique de la falaise de Haouziya

#### 4-1-2. Morphologie

La comparaison des photos Google Earth (entre 2002 et 2015) montre que certaines parties de la falaise sont plus érodées que d'autres (érosion sélective) et par conséquent le degré de recul de la falaise n'est pas le même partout le long de la falaise [10-12] (**Figure 3**). A l'Ouest de la zone étudiée, cette érosion est plus remarquable, si on la compare par rapport à celle qui affecte la partie est, quoique cette comparaison ne soit pas significative étant donné que la falaise n'a pas les mêmes caractéristiques (hauteur, exposition, etc.) dans les deux zones comparées. Par endroit, des cavités plus ou moins profondes sont creusées à la base de la falaise et en particulier là où l'érosion est importante.

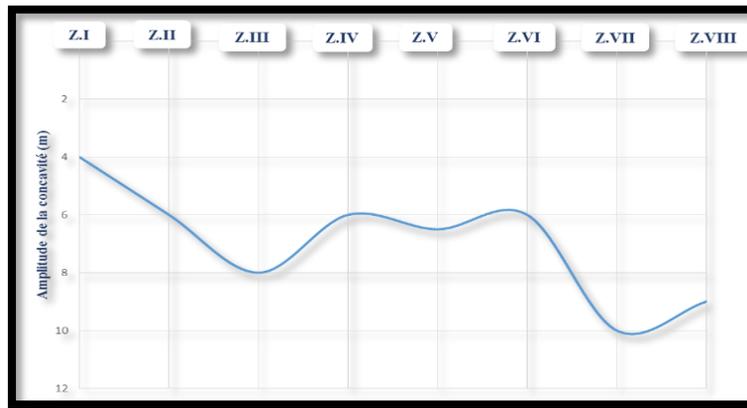


Figure 3 : Evolution de la concavité de la falaise de Haouzia

### 4-1-3. Variation spatiotemporelle

#### 4-1-3-1. Variation dans l'espace

Evolution dans l'espace : la partie ouest de la falaise diffère de sa partie nord-est (*Figure 4 et 5*) en effet, à l'Ouest, cette falaise est haute, sa plate-forme est rocheuse, profils de plage à pente relativement faible et blocs concentrés à son pied. Par contre, à l'Est, elle est moins haute, sa plate-forme est couverte par des sables, profils à pente relativement moyenne et blocs moins concentrés à son pied.



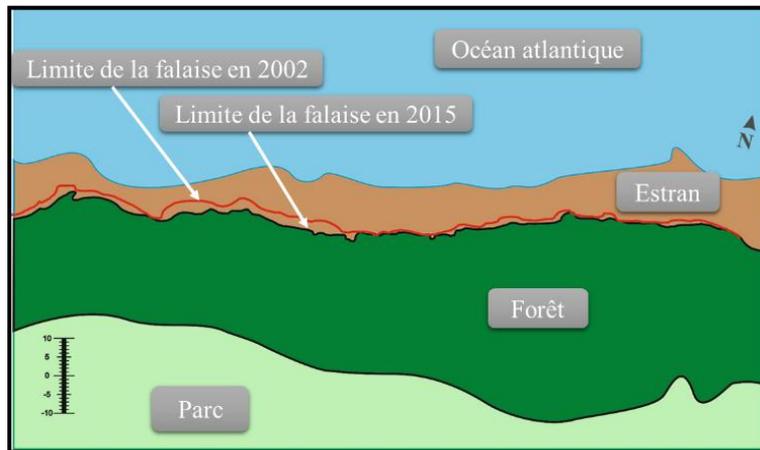
Figure 4 : Subdivision de la falaise de Haouzia en six zones (partie ouest)



Figure 5 : Subdivision de la falaise de Haouzia en deux zones (partie est)

#### 4-1-3-2. Variation dans le temps

Evolution dans le temps : C'est en comparant des photos aériennes et des photos Google Earth anciennes et récentes qu'on a pu déceler les différents changements qu'a pu subir cette zone entre (2002 et 2015) (*Figure 6*).



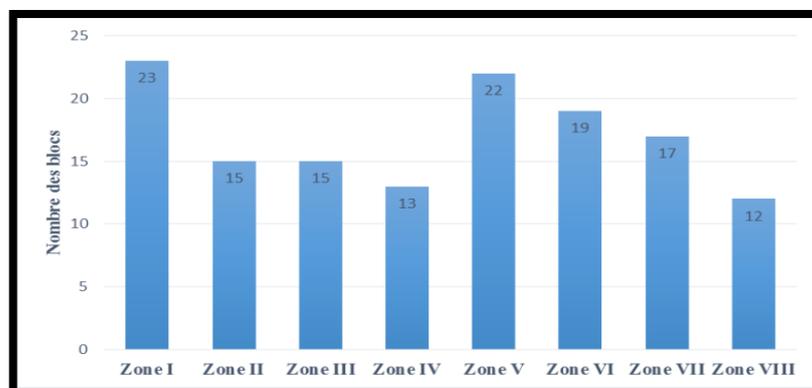
**Figure 6 :** Evaluation du recul de la falaise de Haouzia entre 2002 et 2015 (photos Google earth traitée)

#### 4-2. Les éboulements

##### 4-2-1. Etude quantitative

##### 4-2-1-1. Nombre des blocs

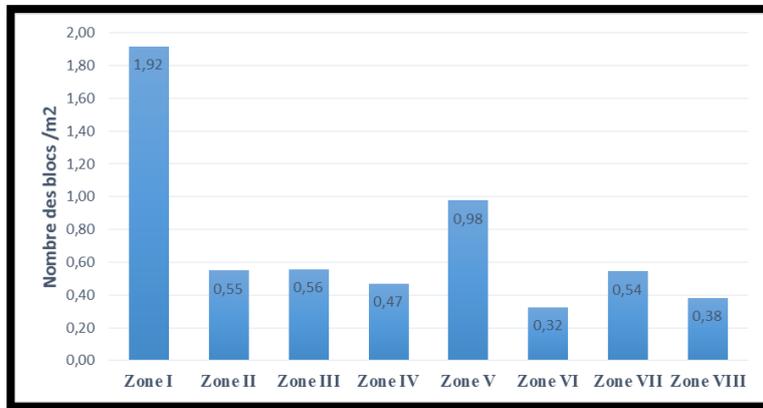
D'après l'histogramme du nombre de blocs, on peut distinguer une nette différence entre les zones de l'Est de la falaise et celles de l'Ouest de celle-ci. Les valeurs les plus importantes correspondent à la partie ouest du secteur étudié (Zones I (23 : la valeur la plus élevée), V, VI). Quant aux valeurs du secteur est, elles sont relativement moins élevées. Les valeurs les plus faibles sont celles de la zone IV (13 blocs) et de la zone VIII (12 blocs) (*Figure 7*).



**Figure 7 :** Evolution du nombre des blocs

4-2-1-2. Volume des blocs

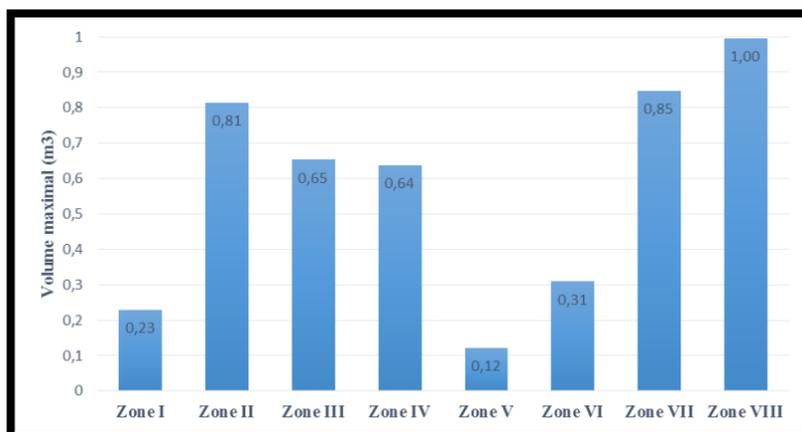
Les valeurs du volume des blocs sont très variables. Elles vont de 0,12 m<sup>3</sup> (zone V) à 1 m<sup>3</sup> (zone VIII). Néanmoins, on remarque une nette affinité entre les valeurs des zones III et IV entre elles et celles des zones VII et VIII entre elles quoique ces dernières sont respectivement plus élevées que les premières (**Figure 8**).



**Figure 8 :** Evolution du volume maximal des blocs

4-2-1-3. Densité des blocs

Deux types de valeurs, contrastées, de la densité des blocs sont à distinguer : celles dont la valeur est faible et oscille entre 0,09 et 0,12/m<sup>2</sup> (zones I, IV, VI, VII et VIII) et celles dont la valeur est élevée et varie entre 0,33 et 0,54 (zones II, III et V (à valeur maximale : 0,54/m<sup>2</sup>)) (**Figure 9**).



**Figure 9 :** Evolution de la densité des blocs

#### 4-2-2. Etude qualitative

##### 4-2-2-1. Paramètres des blocs

De l'histogramme de l'évolution de tous les paramètres mesurés des blocs ressortent deux types de valeurs : relativement plus élevées (zones : II, III et IV pour la partie gauche et zones VI, VII et VIII pour la partie droite de l'histogramme) et faibles (zone : I et zone V). Cet histogramme montre également que les valeurs de ces paramètres évoluent presque de la même manière au sein de chaque zone à l'exception du Di (diagonale) qui peut avoir des valeurs trop prononcées (zone II et zone VIII) (*Figure 10*).

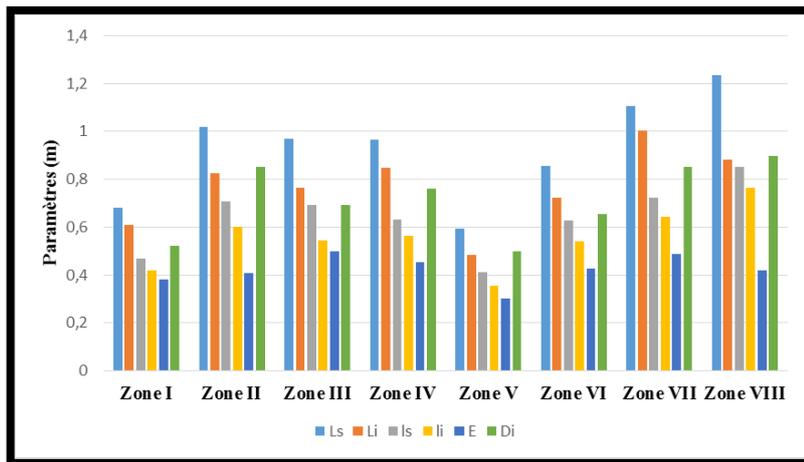


Figure 10 : Evolution des paramètres des blocs

##### 4-2-2-2. Indices des blocs

###### ➤ L'indice Ls/Li

L'évolution des valeurs de cet indice montre peu de variation entre les différentes zones (entre 1,14 et 1,27) à l'exception de la zone VIII dont la valeur de Ls/Li est de 1,8 (la plus importante) (*Figure 11*).

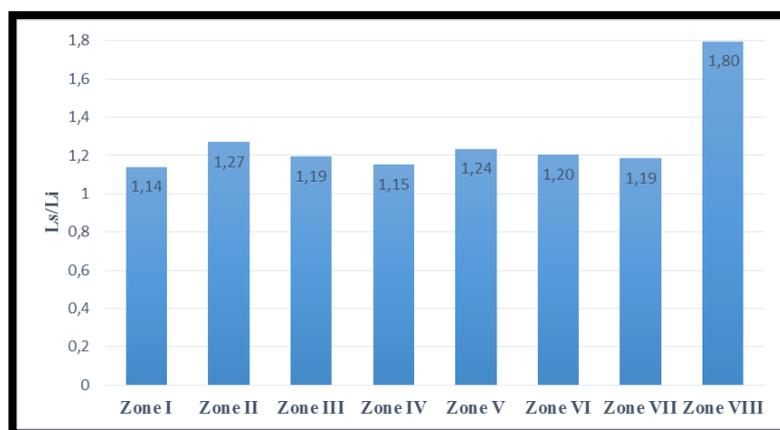
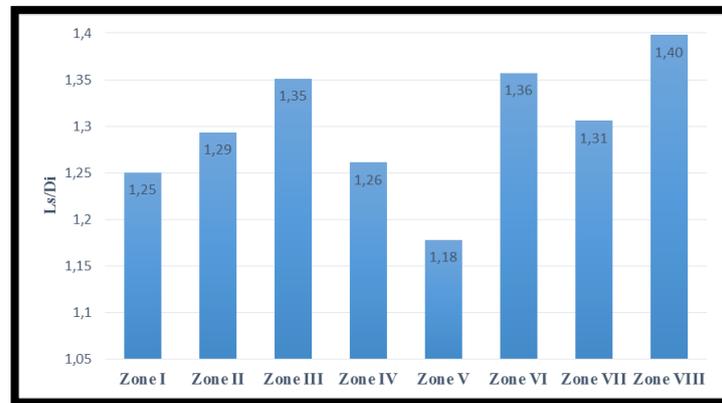


Figure 11 : Evolution de l'indice Ls/Li

➤ **L'indice Ls/Di**

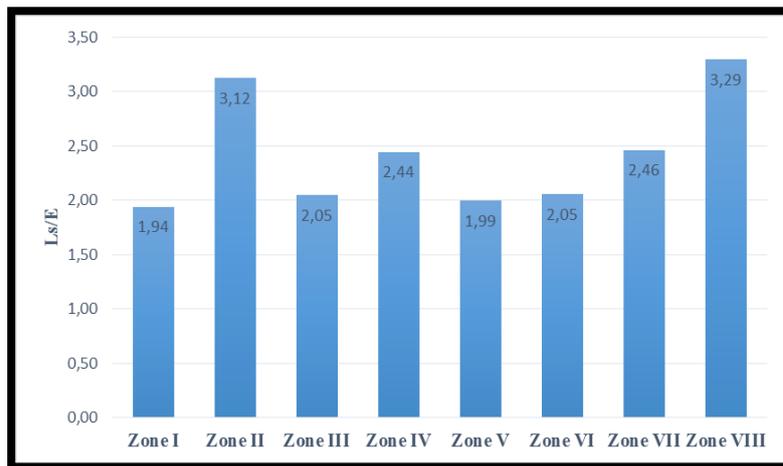
La valeur de l'indice Ls/Di varie entre 1.18 (zone V) et 1.40 (zone VIII). Une légère augmentation progressive de la valeur de cet indice est à signaler de l'Ouest à l'Est du secteur étudié à l'exception de centre où les valeurs restent assez faibles (zones IV : 1,26 et V : 1,18) (**Figure 12**).



**Figure 12 : Evolution de l'indice Ls/Di**

➤ **L'indice Ls/E**

La valeur de l'indice Ls/E est presque constante (environ 2) pour les blocs des zones I, III, V et VI. Cependant, elle est relativement élevée pour les autres zones et oscille entre 2,44 (zone IV) et 3,29 (zone VIII) (**Figure 13**).



**Figure 13 : Evolution de l'indice Ls/E**

➤ **Disposition des blocs (orientation, direction du pendage et pendage des blocs)**

Les valeurs de l'orientation et de la direction du pendage des blocs ne diffèrent pas beaucoup mais on note que les valeurs de la direction de la pente des blocs sont légèrement faibles que celles de leur orientation. De part et d'autre de la zone V, les valeurs sont également contrastées.

Les plus faibles sont celles des zones VI, VII et VIII (partie est de la falaise) et les plus élevées sont celles des zones II, III et IV (partie ouest de la falaise). Concernant l'inclinaison des blocs, comme dans le cas de l'orientation des blocs, elle est plus élevée pour les zones II, III et IV et moins pour les zones V, VI, VII et VIII. Néanmoins, la valeur la plus faible est celle des blocs de la zone IV (*Figure 14*).

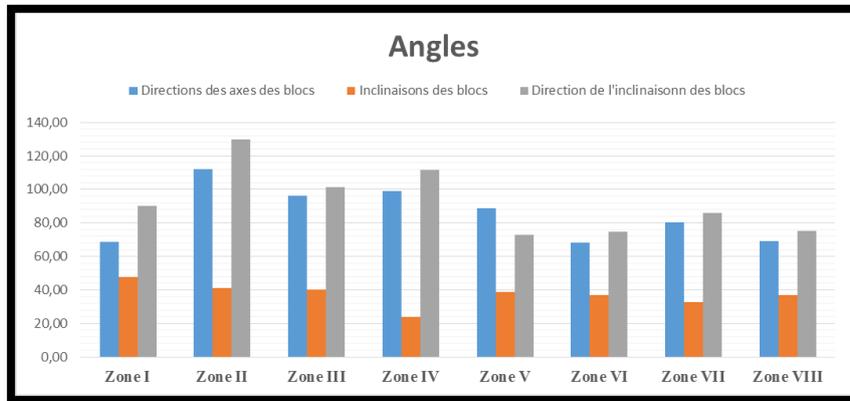


Figure 14 : Evolution de la direction de l'axe d'orientation des blocs

#### 4-3. Profils de plage

La comparaison des profils relevés montre une nette diversité en relation avec la présence de la falaise 2 (profil 2), de l'absence de la falaise 2 (profil 3) et de la présence de gros blocs issus du creusement des cavités (profil 5) (secteur ouest). En outre, la pente de la plate-forme en face de la falaise est également variable, elle est faible et régulière (profil 1) et élevée mais homogène (profil 4) (secteur ouest). Elle est très abrupte (profil 7 : secteur est) (*Figure 15*).

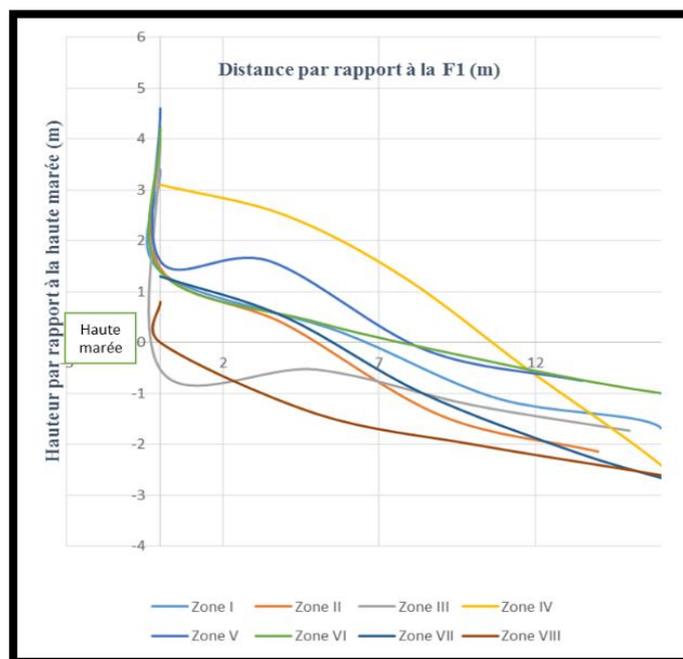


Figure 15 : Evolution de profils de plage de Haouzia

## 5. Discussion

Les différentes analyses concernant la falaise, les éboulements et les profils montrent que le secteur étudié est très diversifié. D'ailleurs c'est la raison pour laquelle on l'a subdivisé en huit zones (six à l'Ouest et 2 à l'Est du secteur). Ces zones ne se ressemblent pas et reflètent que le degré de leur érosion, et par conséquent, les facteurs qui les affectent sont également variables à la fois dans l'espace et dans le temps. Le type du profil et le degré de pente de la plate-forme peut, également, avoir un impact sur le degré de l'érosion de la falaise et sur la quantité des blocs produite ce qui est témoigné par le contraste entre les profils. L'hétérogénéité de la falaise de Haouzia ne concerne pas uniquement la nature, l'âge et le degré de consolidation de ses formations (calcarénites, paléosols, sols et croutes calcaire) mais également sa morphologie et sa hauteur variable de l'Ouest à l'Est. En effet, c'est au centre du secteur étudié, au niveau des zones 3, 5 et 6, que la hauteur de la falaise est maximale, que des cavités plus ou moins profondes sont creusées en bas de la falaise et que la petite falaise 2 est partiellement ou complètement érodée. Au pied de la falaise, la nature de la formation exposée à la dynamique marine varie latéralement. Il s'agit de la calcarenite dunaire à l'Ouest et des paléosols ainsi que du sol subactuel à l'Est. Perpendiculairement à la cote, les zones les moins exposées dans le secteur ouest (reculées ou concaves) à l'érosion par la dynamique marine sont essentiellement les zones 3 et 5. Quantitativement, le nombre, le volume et la densité des blocs varient parallèlement et perpendiculairement à la cote. C'est dans les zones 2, 3 et 4 où ceux-ci ont, en général, des valeurs moyennes à faibles. Par contre, dans les zones 1, 5, 6, 7 et 8, ils ont des valeurs élevées (avec de légères fluctuations entre le nombre, le volume et la densité des blocs). Coté exposition de la falaise, même si les zones 7 et 8 sont les plus reculées par rapport à la ligne de rivage, le nombre et le volume de leurs blocs sont importants comme dans le cas de la zone 1 (aussi exposée). De ceci ressort que la quantité de blocs résultant de l'érosion de la falaise ne dépend pas uniquement de son exposition.

Par contre, pour les zones 3, 4 et 5 (centre du secteur étudié) le nombre et le volume des blocs sont moyens à faibles alors que l'érosion qui affecte la falaise (haute) est importante. Elle est témoignée par l'érosion partielle de la falaise 2 et la présence de cavités. Cette contradiction peut s'expliquer par l'action de la dynamique marine sur les blocs, mais postérieurement à leur chute à partir de la falaise, et par conséquent leur altération et leur transport loin du pied de la falaise. Cette différence nette entre la quantité des blocs dans les zones 3, 4 et 5 d'un côté et dans les zones 1, 7 et 8 de l'autre côté rend l'interprétation quantitative des blocs assez délicate. Elle nous incite à être prudents quant à l'évaluation de l'érosion dans ces zones, d'une part et, d'autre part, à la part de la dynamique marine qui affecte la falaise par rapport à celle qui affecte les blocs issus de l'érosion de cette même falaise. L'accumulation des blocs au pied de la falaise peut participer à l'amortissement de l'action de la mer sur la falaise et par conséquent une interaction entre l'action de la mer sur la falaise et sur les blocs est à ne pas négliger. A propos de la densité des blocs, ses valeurs sont contrastées entre les zones. Les valeurs plus élevées sont celles des zones 1 et 5 où on trouve des petits blocs en grande concentration coincés dans les espaces entre les grands blocs. Elles sont aussi celle des zones où la surface, de la plage, sur laquelle sont repartis les blocs est restreinte (exemple zone 1). Dans ce cas, la faible dispersion des blocs est due à la présence d'une falaise 2 non proche de la falaise 1 et à la surface de laquelle les blocs sont déposés et sont relativement à l'abri de la dynamique marine. Elle peut être, également, en relation avec la rugosité de la plateforme rocheuse au pied de la falaise qui gêne la dispersion des blocs lors des hautes marées. Qualitativement, les paramètres mesurés des blocs montrent des valeurs élevées pour les zones 2, 3 et 4 à l'Ouest du secteur d'étude et pour les zones 7 et 8 à l'Est de ce dernier. Ces valeurs peuvent être expliquées par la présence d'un paléosol rouge relativement consolidé et d'une croute calcaire épaisse et continue dans les zones 2, 3 et 4 qui permettent aux blocs d'être relativement résistants en ne se fragmentant pas facilement lors de leur chute à partir de la falaise (haute).

Pour les zones 7 et 8 à l'Est, c'est la hauteur très faible de la falaise qui ne favorise pas la fragmentation des blocs lors de leur chute. Concernant les autres zones, les valeurs de ces paramètres sont faibles (zones 1, 5 et 6). Dans ces zones, la croûte calcarénite joue qu'un rôle secondaire car elle est mince et discontinue. Concernant les indices, la valeur la plus importante de  $Ls/Li$  est celle enregistrée dans la zone 8. Elle peut être expliquée par l'enfouissement permanent de la partie inférieure des blocs dans les sables de plage. Ces derniers gardent longtemps de l'eau lors des hautes marées et favorise l'altération chimique de la partie inférieure des blocs et par conséquent la diminution de  $Li$  de ces derniers. C'est dans les zones 2 et 8 où cet indice enregistre les valeurs les plus élevées. Pour la zone 2, la valeur faible de  $E$  s'explique par l'immobilité des blocs à la surface de la falaise 2 et leur altération chimique, uniquement par l'eau de la mer, lors des tempêtes. Dans ce cas, la partie supérieure des blocs est moins touchée car elle est très consolidée à cause d'une croûte calcaire épaisse et dure qui les coiffe à leur surface. Quant à la zone 8, ses blocs montrent un  $E$  qui est faible et ne cesse de diminuer. Ceci est en relation avec leur mode de transport qui se fait par glissement et par conséquent  $E$  tend à une diminution et l'indice  $Ls/E$  à une augmentation. La valeur  $Ls/Di$  les plus élevées sont celles des zones 3, 6 et 8. Elles traduisent des valeurs faibles de  $Di$  en relation avec les chocs et les cassures que subissent les angles des blocs et par conséquent une tendance de ces derniers vers une forme émoussée sous l'action d'une dynamique forte et turbulente pour la zone 3. Par contre, pour les zones 6 et 8 c'est grâce à une interférence des deux dynamiques de milieux avoisinants, de part et d'autre, de la zone concernée. Quant à la disposition des blocs, la direction de l'axe et celle du pendage des blocs restent fidèles à celle de la falaise. Cette dernière joue un rôle dans le flux du matériel érodé le long de la plage. D'autres facteurs peuvent intervenir pour les influencer dont le couloir existant sur la plage pour le secteur ouest ou le déferlement des vagues pour le secteur est. La valeur du pendage montre une légère différence entre celles des blocs du secteur est (valeurs relativement plus élevées) et celles des blocs du secteur ouest. Elle est étroitement influencée par la dynamique marine (faible à l'Ouest par rapport à l'Est).

## 6. Conclusion

De ce travail ressort que la falaise de Haouzia est très restreinte dans l'espace mais elle est très exposée à l'action de la dynamique marine. Son hétérogénéité morphologique associée à la diversité de ses formations permet sa subdivision en deux secteurs différents ouest (six zones) et est (deux zones). Cette étude montre également que le centre du secteur ouest, est particulier par : sa hauteur maximale de la falaise F1, ses cavités creusées dans la falaise F1, sa falaise secondaire 'F2' présente, croûte calcaire épaisse et ses profils particuliers. En plus, certaines zones sont moins exposées à l'érosion par rapport aux autres. Un net recul, témoigne d'une évolution spatiotemporelle de cette falaise. Il est déduit à l'aide de la comparaison des photos Google Earth (2002- 2015). Il est de l'ordre de 0.23 m/an et témoigne d'un risque à ne pas sous-estimer. Ceci exige une intervention pour la protection de cette falaise et des infrastructures avoisinantes de l'agressivité de la dynamique marine. Quantitativement, la falaise produit moins de blocs volumineux dans le centre du secteur ouest (zones 2, 3 et 4), plus exposé, malgré son érosion forte. Par contre, elle produit plus de blocs dans les zones 1, 5, 6, 7 et 8. Cette évaluation prouve que la production importante des blocs n'est pas liée uniquement à une forte exposition de la falaise à l'érosion marine. Elle tient compte aussi de l'action de la dynamique marine sur les blocs. Les valeurs plus élevées de la densité des blocs s'expliquent par endroit par l'influence : des petits blocs en amas, la surface faible de la plage, la présence d'un replat (sommet de la falaise 2) et la rugosité de la plateforme rocheuse. Qualitativement, les valeurs élevées de divers paramètres reflètent la taille importante des blocs favorisée par l'action de la croûte calcaire et du paléosol rouge consolidé (zones 2, 3 et 4). Par contre, pour les zones 7 et 8 elle est, essentiellement, due à la faible hauteur de la falaise permettant une faible fragmentation des blocs lors de leur chute.

Une nette variation de l'érosion de la falaise, dans l'espace, est également, mise en évidence à partir de la comparaison entre les zones et les blocs. En effet, dans la zone 8, les divers indices élevés des blocs prouvent leur immobilité et leur attaque chimique plus que mécanique. Dans la zone 2, la croûte calcaire épaisse et l'immobilité des blocs sur la falaise 2 ont joué un rôle dans l'érosion de la falaise témoignée par  $Ls/E$  élevée. L'émoussé des blocs sous l'action d'une dynamique forte (zone 3) et par une interférence des deux dynamiques de milieux avoisinants (zone 6) est traduit par  $Ls/Di$  élevé. Quant à la direction de l'axe et celle du pendage des blocs, elles sont influencées par la falaise, le déferlement des vagues et le couloir situé dans l'estran. Le pendage des blocs reflète l'action de la dynamique marine (faible à l'Ouest par rapport à l'Est) et la nature du profil de plage. Une interaction entre la falaise, les blocs et les profils de plage, d'une part et la dynamique marine, d'autre part, est bien individualisée dans ce travail.

### Références

- [1] - M. CHAIBI, F. SABATIER, M. MAANAN, « Quantification de transport sédimentaire longshore : application à la baie d'El Haouzia (région d'El Jadida, Maroc) » *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, section Sciences de la Terre, 31 (2009), 21-27.
- [2] - M. ABERKAN, « L'instabilité des formations quaternaires de la côte atlantique marocaine et son impact sur l'aménagement » 13<sup>ème</sup> Colloque des Bassins sédimentaires marocains, 1996 Marrakech, Maroc (1996).
- [3] - A. HEQUETTE, « Les risques naturels littoraux dans le Nord-Pas-de-Calais, France », *Vertigo - la revue électronique en sciences de l'environnement* [En ligne], Hors-série 8 | octobre 2010, mis en ligne le 21 octobre 2010, consulté le 18 février 2016. URL : <http://vertigo.revues.org/10173> ; DOI : 10.4000/vertigo.10173
- [4] - J. TRICART, F. JOLY, R. RAYNAL, « Etude morphométrique des galets nord-africains » *Notes Serv. géol. Maroc*, t. 13, 128 (1955) 49-83.
- [5] - M. OUADIA, « Les formations plioquaternaires dans le domaine mésétien occidental entre Casablanca et Safi : Géomorphologie, Sédimentologie, Paléoenvironnements quaternaires et Evolution actuelle » Thèse Doct. d'Etat, Univ. Mohammed V, Rabat, Maroc (1998) 319 p.
- [6] - KH. ABOUMARIA, « Les formations quaternaires du Sahel des Doukkala (Méséta occidentale marocaine) : mise en place et évolution post-sédimentaire » Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Fac. Sci, Rabat, Maroc (1993) 186 p.
- [7] - M. GIGOUT, « Etude géologique sur la Méséta marocaine occidentale (arrière-pays de Casablanca, Mazagan et Safi) » *Trav. Inst. Sc. Chérifien*, 3, et *Not. Mém. Serv. Géol. Maroc* 2 t, 86 (1951) 507 p.
- [8] - T. Vogt, « Types et genèse de croûtes calcaires » Thèse Doc. Es. Sc., Fac. Sci, Paris, France (1983) 253 p.
- [9] - P. BERNATCHEZ et J. M. DUBOIS, « Bilan des connaissances de la dynamique de l'érosion des côtes du Québec maritime laurentien », *Géographie physique et Quaternaire*, 58, n° 1, (2004) p. 45-71.
- [10] - M. ABERKAN, S. ADIL et F. ZANNIBY, « Le recul de la falaise côtière et le problème d'aménagement le long de la côte atlantique marocaine » 2<sup>ème</sup> Rencontre de l'Hydrodynamique marine. Ben M'SIK Casablanca 1997, Maroc (1997).
- [11] - F. SBAI, M. LABRAIMI, M. HADDANE, « Evaluation du recul du trait de côte sur une portion du littoral atlantique marocain de Mohammedia » *PANGEA* 41/42 Juin / Décembre 2004.
- [12] - P. LETORTU, S. COSTA, A. BENSALD, J. M. CADOR et H. QuénoI, « Vitesses et modalités de recul des falaises crayeuses de Haute-Normandie (France): méthodologie et variabilité du recul », *Géomorphologie : Relief, Processus, Environnement. Actes des 14<sup>e</sup> Journées des Jeunes Géomorphologues*, (2014), p. 133-144.