

Première évaluation de la morphodynamique de la plage du Havre (Seine-Maritime)

Adrien CARTIER¹, Emmanuel BLAISE², Stéphane COSTA³ et Nicolas Giraud¹

1. Géodunes, 56 rue de la république 59430 St Pol sur Mer.
cartier@geodunes.fr; ngiraud@geodunes.fr
2. Université du Littoral Côte d'Opale, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, LOG UMR 8187 - CNRS | ULille | ULCO | IRD, 62930 Wimereux, France
emmanuel.blaise@univ-littoral.fr
3. Université de Caen Normandie, laboratoire IDEES-Caen, UMR-CNRS 6266, 14 000 Caen France,
stephane.costa@unicaen.fr

Résumé :

Si la littérature sur le fonctionnement hydrosédimentaire de la côte d'Albâtre est riche, la plage du Havre (Seine-Maritime) n'a fait l'objet que de peu d'études spécifiques quant à son évolution morphodynamique. Depuis plusieurs années, la partie nord du site subit une érosion significative mettant régulièrement en péril les cabines de plages. Pour y remédier, la commune procède à des rechargements annuels de 5 000 à 7 000 m³·an⁻¹, provenant des sédiments accumulés le long de la jetée sud. Sur la période 2016–2025, les résultats du suivi mettent en évidence une accumulation d'environ 100 000 m³ de galets au sud, correspondant à un transit sédimentaire estimé à 10 000 m³·an⁻¹. Le secteur nord présente une érosion équivalente, révélant alors un phénomène de rotation de la plage. Ces résultats constituent une base pour ajuster la gestion du rechargement et anticiper l'évolution future du système sédimentaire de la plage du Havre ainsi qu'une première quantification des dynamiques sédimentaires dans ce secteur.

Mots-clés : érosion, morphodynamique, galets, transit sédimentaire,

1. Introduction

La littérature scientifique consacrée à la morphodynamique littorale de la Seine-Maritime s'est principalement concentrée sur l'analyse du recul des falaises. Ces travaux documentent abondamment les agents de forçage naturels et anthropiques impliqués, ainsi que les risques naturels inhérents à cet aléa (DUPERRET et al., 2005 ; LETORTU et al., 2014 ; COSTA et al., 2019 ; ELINEAU 2013 ; DEWEZ et al., 2024). Plus récemment, de nouvelles approches se sont penchées sur les plateformes rocheuses

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

intertidales. Ces recherches ont notamment abordé l'identification des paléo-rivages et l'érosion séculaire des falaises (RODET, 2002 ; DUPERRET et al., 2015 ; DUGUET et al., 2021), ou encore la dynamique d'ensablement et le transit sédimentaire sur ces plateformes rocheuses (PEUZIAT et al., 2021). Toutefois, la dynamique sédimentaire qu'elle soit globale ou centrée sur une portion du littoral demeure peu étudiée. En milieu marin et estuarien, les investigations se limitent principalement à la morphologie des dunes sous-marines et aux apports sédimentaires fluviaux à l'embouchure de la Seine (MICHEL et al., 2023), ainsi qu'à l'impact morphosédimentaire des dragages d'entretien (Lemoine, 2020). En ce qui concerne le littoral, les études portant sur la dynamique sédimentaire des plages se restreignent souvent à la vulnérabilité des côtes basses face au risque de submersion marine lors d'événements tempétueux (CASPAR et al., 2010 ; LETORTU et al., 2016) et à l'influence des ouvrages transversaux portuaires sur les stocks de sédiments (COSTA et DAVIDSON, 2004). En conséquence, la morphologie et la dynamique sédimentaire de la plage du Havre n'ont, à ce jour, fait l'objet d'aucune étude spécifique publiée. Si ce secteur a pu faire preuve d'une relative stabilité au cours des dernières décennies, l'observation d'une érosion récente dans sa partie septentrionale soulève de nouveaux enjeux de gestion. Cette dynamique érosive actuelle engendre un risque concernant directement les infrastructures littorales, et tout particulièrement le secteur accueillant les cabines de plage.

Cette étude a donc eu pour objectif de quantifier l'évolution morphosédimentaire de la plage du Havre sur la dernière décennie (2016-2025), à l'aide de données topographiques à haute résolution, dans le but d'analyser la dynamique spatio-temporelle du trait de côte et d'établir des bilans sédimentaires précis. Ces travaux ont *in fine* permis de caractériser les transferts de matériaux le long du profil côtier et d'évaluer la durabilité des stratégies locales de gestion face au déficit sédimentaire du secteur nord.

2. Présentation du site d'étude

2.1 Contexte général

La commune du Havre est située dans le département de la Seine Maritime (76) sur la rive nord de l'estuaire de la Seine, entre le cap de la Hève et la digue Nord du port du Havre. Le littoral seinomarin est caractérisé par une alternance de vallées et valleuses encaissées au droit desquelles se développent des cordons de galets adossés à des ouvrages de défense contre la mer, et de linéaires côtiers rocheux constitués principalement de falaises taillées dans des matériaux, pour l'essentiel, carbonatés datant du Crétacé. A proximité du Havre, ces formes d'ablations sont en revanches façonnées dans des matériaux plus anciens, les craies du Cénomaniens, surmontant des sables et des argiles du Crétacé inférieur voire du Jurassique supérieur. L'estuaire de la Seine au sud

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

du Havre, large d'environ 6 km, est constitué de vasières, d'herbus et de chenaux dont le fonctionnement hydrosédimentaire est largement modifié par les digues, les opérations de dragage et l'extension de « Port 2000 ». Au nord du Havre, les falaises crayeuses atteignent 80 à 100 m de hauteur. Elles sont rectilignes, entaillées par des valleuses au sein desquelles des zones urbaines se sont développées. Ce littoral est caractérisé par un recul régulier du trait de côte rocheux, à l'origine de la présence de mouvements de masse plurimétriques en haut d'estran. Au pied des falaises, les cordons de galets, soumis à l'action des vagues, montrent une importante mobilité (figure 1).

2.2 Conditions météo-marines

Le littoral du Havre est défini par un régime macrotidal avec un marnage de 6,60 m (Coeff. 95). Les courants de marée circulent parallèlement au rivage, le flot étant dirigé vers le nord et un le jusant vers le sud. Comme sur l'ensemble du littoral de la Manche, la dissymétrie des courants de marée génère une résultante en direction du nord. La présence de l'estuaire de la Seine influence fortement l'hydrodynamisme global du littoral du Havre avec des vitesses de courant à l'embouchure qui atteignent 2 m/s lors du flot (LEMOINE, 2021).



Figure 1. Localisation du site d'étude.

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

Au niveau de la plage, l'intensité des courants de marée est plus limitée du fait de sa position en retrait vis-à-vis de l'estuaire. Les vitesses moyennes issues des modèles numériques sont de l'ordre de 0,3 à 0,5 m/s (LEMOINE, 2021). Les houles au large proviennent principalement du secteur Nord-Ouest malgré des vents dominants locaux plutôt orientés Sud-Ouest. Les données modélisées issues de ResourceCode indiquent une hauteur significative moyenne de 0,66 m à 5 km au large de la plage du Havre (RAILLARD *et al.*, 2023) (figure1). Les houles dominantes les plus fortes proviennent du quadrant O à NO expliquant la dérive littorale au niveau de l'estran. Sur la plage du Havre, de direction N-S, en dépit de courants forts orientés vers le nord, l'hydrodynamisme à la côte est principalement contrôlé par l'action des vagues incidentes obliques dont le déferlement est responsable du transport sédimentaire sur la plage.

2.3 Gestion locale des sédiments

Le nord de la plage du Havre présente une érosion significative depuis environ 10 ans. Afin de conserver une largeur de plage suffisante pour accueillir les cabines de plage, des opérations de rechargement sont réalisées annuellement à hauteur de 4 000 à 7 000 m³·an⁻¹ avec une première phase fin mars et un ajustement en début d'été, soit environ +40 000 à +70 000 m³ sur la période 2015-2025. Les galets sont prélevés au sud de la plage, au niveau du cordon de galets en engraissement accolé à la digue nord (figure 1). Des opérations de déplacement de galets sont également réalisées afin de et de créer des accès à la mer et correspondent aux dépressions observées sur les données topographiques.

3. Méthodologie

Afin d'évaluer la dynamique sédimentaire de la plage du Havre, un relevé photogrammétrique par drone a été effectué en juillet 2025 sur toute la zone d'étude, permettant la création d'un modèle numérique de terrain (0,25 m/pixel) et d'une orthophotographie haute résolution (0,10 m/pixel). Ces données ont été comparées sur un logiciel SIG (QGIS) avec les données LiDAR acquises par le Réseau d'Observation du Littoral Normandie - Hauts-de-France (2016-2017, 2020 et 2024)

4. Résultats

Plusieurs analyses ont été menées conjointement afin d'évaluer la morphodynamique sédimentaire de la plage du Havre. Premièrement, des différentiels altimétriques ont été calculés entre chaque levé de 2016 à 2025 puis une analyse diachronique de l'évolution de la position du trait de côte a été réalisée. Le site d'étude étant localisé sur un linéaire urbanisé, l'indicateur du trait de côte retenu correspond au niveau des plus hautes mers

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

astronomiques - PHMA (+4,19 m IGN69), extrait sur chacun des levés disponibles. La quantification des variations a ensuite été calculée à partir de radiales équidistantes de 10 m.

4.1. Analyse diachronique de la topographie

Sur la période de 2016 à 2020, environ $+40\,000\text{ m}^3$ de sédiments se sont accumulés au niveau du secteur sud, tandis que le cordon de galets s'est élevé de $+2\text{ m}$. En revanche, la partie nord montre une érosion du haut du cordon de galets (-1 m) accompagnée d'un recul de la partie frontale du cordon vers le rivage (figure 2). De 2020 à 2024, le secteur sud a poursuivi son engraissement avec des apports de l'ordre de $+14\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$, soit $+56\,000\text{ m}^3$ de matériaux accumulés le long de la jetée sud. Au niveau des casiers d'épis situés au nord de la plage, les opérations de rechargement ont engendré une évolution positive dans plusieurs casiers, tandis que d'autres ont subi des pertes avoisinant les $-4\,000\text{ m}^3$, mettant en évidence la sensibilité de ce secteur à l'érosion.

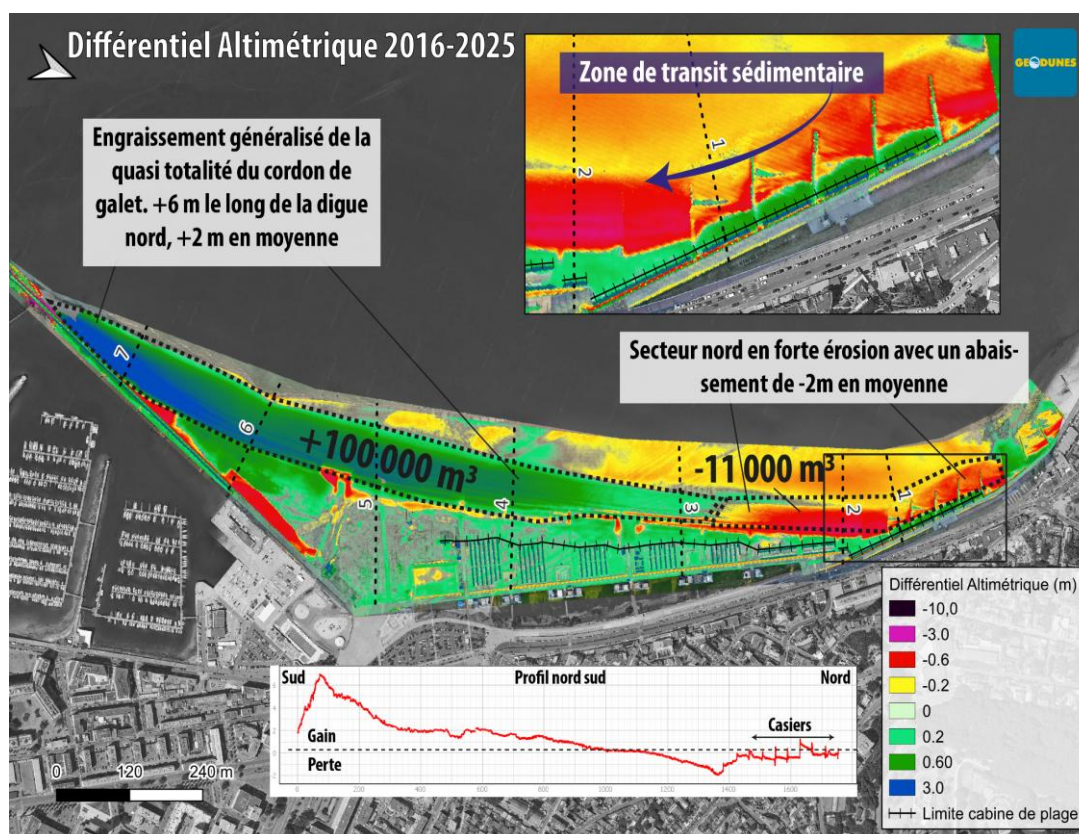


Figure 2 . Bilan de l'évolution topographique de la plage du Havre entre 2016 et 2025

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

Plus récemment, sur la période 2024-2025, on observe une dynamique comparable aux observations antérieures, caractérisée par une importante accumulation de galets dans la partie sud. (+10 000 m³) tandis que le secteur nord a, quant à lui, subi une érosion de l'ordre de -5 000 m³, compensée ponctuellement par des apports artificiels de matériaux prélevés dans la partie sud de la plage. Le bilan de 2016 à 2025 (figure 2) met en évidence un engraissement significatif de l'ensemble du cordon de galets sur 1 200 m de linéaire, représentant un gain de +100 000 m³ soit +11 000 m³·an⁻¹. L'élévation du niveau topographique atteint +6 m au niveau de la digue située au sud de la plage du Havre. Au nord, le point d'inflexion du trait de côte est en érosion avec une perte de -11 000 m³, soit environ -1 000 m³·an⁻¹, ceci malgré les opérations de rechargement effectuées sur la période. L'abaissement sur ce secteur est significatif, atteignant -2 m en moyenne. Ce secteur correspond à une zone de transit sédimentaire.

4.2. Analyse de l'évolution du trait de côte

L'évaluation de la largeur de la plage depuis le perré, réalisée via l'extraction de la cote altimétrique du PHMA entre 2016 et 2025, met en évidence une zone particulièrement large, excédant les 200 m dans son secteur central. Le secteur nord présente une situation bien différente : en raison de l'érosion chronique du cordon de galets, la largeur de la plage située au-dessus du PHMA n'y excède pas 10 à 20 m (figure 3).

L'analyse de l'évolution du trait de côte depuis 2016 est en accord avec les observations topographiques : le secteur sud est logiquement en progradation, tandis que le secteur nord enregistre plutôt un recul. En effet, au niveau de la jetée nord (1), le rythme d'évolution du trait de côte est de 0,91 m/an entre 2016 et 2020, de 1,98 m/an entre 2020 et 2024, et de 1,64 m/an de 2024 à 2025. Ces résultats mettent en évidence une progradation chronique du trait de côte, atteignant 12 m sur la période 2016-2025.

L'évolution est similaire au niveau du secteur central (2) sur la période de 2016 à 2024 (+0,99 m/an à +1,37 m/an). En revanche, de 2024 à 2025, l'indicateur montre un léger recul de -0,22 m/an sur ce même secteur. Les secteurs 3 et 4 correspondent au point de pivot de la plage, marquant la transition entre la zone en accrétion et les secteurs en érosion. En effet, l'évolution du secteur 4 reste globalement stable avec un rythme de recul de -0,05 m/an sur la période de 2020 à 2025. A contrario, les secteurs 5 et 6 montrent un recul chronique depuis 2016, qui s'accélère sur les périodes récentes, passant respectivement de -1,45 m/an à -1,97 m/an et -0,29 m/an à -1,14 m/an (tableau 1 et figure 4).

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

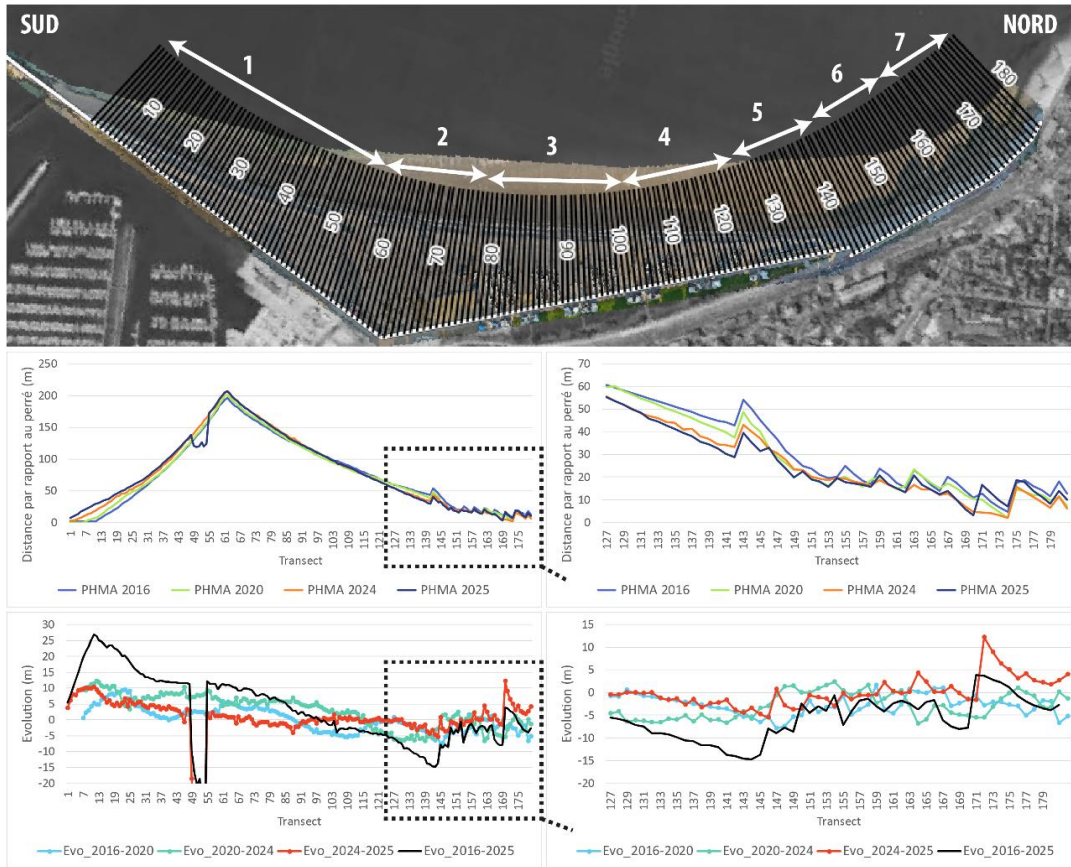


Figure 3. Évolution du trait de côte (indicateur PHMA) sur la plage du Havre entre 2016 et 2025 (Marge d'erreur +/-0,05 cm)

Tableau 1 . Rythme moyen d'évolution du trait de côte (m/an) par secteur sur la plage du Havre de 2016 à 2025

Secteurs	Rythme d'évolution (2016-2020) (m/an)	Rythme d'évolution (2020-2024) (m/an)	Rythme d'évolution (2024-2025) (m/an)
1.Jetée Nord	0.91	1.98	1.64
2.Secteur Central	0.99	1.37	-0.22
3.Cabines Centrales	-0.22	1.26	-1.41
4.Cabines Îlots Nord	-0.80	-0.05	-0.05
5.Cabines Linéaire Nord	-0.53	-1.45	-1.97
6.Cabines Epis	-0.78	-0.29	-1.14
7.Epis Nord	-0.75	-0.63	3.98

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

Le secteur le plus au nord (7) montre un recul de l'ordre de $-0,70$ m/an sur les périodes de 2016-2020 et 2020-2024. De 2024 à 2025, le rythme passe à $+3,98$ m/an témoignant des apports artificiels de galets dans les casiers.

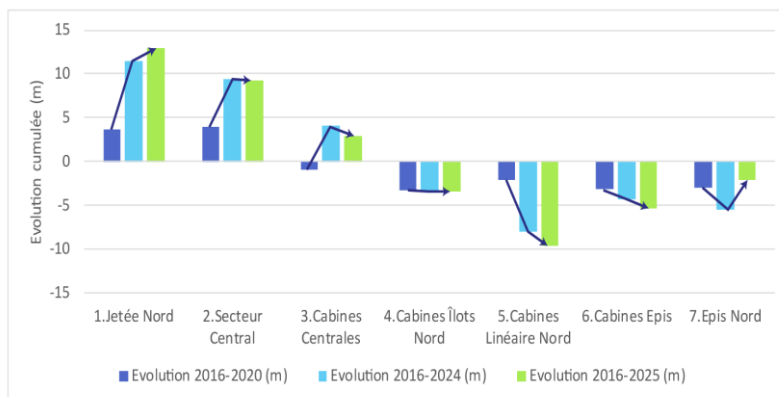


Figure 4. Evolution cumulée du trait de côte par secteur sur la plage du Havre de 2016 à 2025

4.3. Bilans sédimentaires

Afin d'évaluer les volumes mis en jeu sur le littoral du Havre, 14 cubatures ont été réalisées (figure 5). Elles correspondent aux secteurs décrits précédemment en prenant en compte les principales évolutions constatées sur les différentiels altimétriques. Sur chaque emprise, le cordon de galets est différencié de la berme. Les calculs ont ensuite été réalisés à partir des différentiels altimétriques 2 à 2 de 2016 à 2025. Afin de comparer l'évolution des cubatures entre elles, les bilans ont été rapportés à leur surface (m^3/m^2) sachant qu'une variation de $\pm 0,10$ m^3/m^2 est considérée comme stable.



Figure 5. Localisation des emprises de calcul pour les bilans sédimentaires

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

Les calculs montrent une faible variabilité du stock de matériaux sur la plateforme supratidale (+/-0,10 m³/m²), soit une variation moyenne d'épaisseur d'environ +/-0,10 m mettant en évidence une stabilité de la partie haute du cordon (tableau 2). Les variations les plus importantes sont localisées au nord, au niveau des casiers d'épis (9 et 8), qui sont régulièrement rechargés/érodés (-0,53 à +0,46 m³/m²). Le secteur sud (cubatures 1 à 3) montre en revanche une accumulation de +100 000 m³ sur la période de 2016 à 2025 témoignant d'apports très réguliers de matériaux provenant du nord. Au niveau de la jetée nord (14), le rythme d'engraissement est de +8 500 m³·an⁻¹ sur la période 2016-2025 et ce malgré un prélèvement annuel de l'ordre de -5 000 m³·an⁻¹.

Tableau 2. Synthèse des bilans sédimentaires sur la plage du Havre de 2016 à 2025. Les valeurs positives sont en vert tandis que les valeurs négatives sont en rouge. Les valeurs en noir correspondent à des variations de volumes en m³/m² peu significatives

Zones	ID	Secteurs	Bilan 2016-2020 (m ³)	Bilan 2020-2024 (m ³)	Bilan 2024-2025 (m ³)	Bilan 2016-2020 (m ³ /m ²)	Bilan 2020-2024 (m ³ /m ²)	Bilan 2024-2025 (m ³ /m ²)
Plateforme	1	Epis nord	124.40	-1 242.00	1 073.60	0.05	-0.53	0.46
	2	Cabines Epis	907.70	583.40	179.70	0.29	0.19	0.06
	3	Cabines linéaires Nord	359.30	190.90	870.00	0.06	0.03	0.15
	4	Cabines îlots Nord	1 553.60	-199.00	2 788.60	0.09	-0.01	0.17
	5	Cabines centrales	439.30	933.40	5 743.70	0.02	0.04	0.22
	6	Secteur Central	-129.10	1 022.20	1 057.00	-0.01	0.04	0.04
	7	Jetée Nord	7 222.10	-1 512.20	732.80	0.21	-0.04	0.02
Cordon	8	Epis nord	665.00	-2 051.00	1 263.80	0.07	-0.23	0.14
	9	Cabines Epis	-1 580.50	-2 473.50	-3 376.00	-0.08	-0.12	-0.16
	10	Cabines linéaires Nord	-3 604.60	-943.30	-2 643.00	-0.22	-0.06	-0.16
	11	Cabines îlots Nord	-4 998.80	4 129.20	-991.20	-0.20	0.17	-0.04
	12	Cabines centrales	2 944.80	8 004.50	1 659.10	0.11	0.29	0.06
	13	Secteur Central	4 674.80	9 224.70	3 291.80	0.24	0.48	0.17
	14	Jetée Nord	26 797.50	37 406.20	12 100.10	0.62	0.87	0.28

Zones	ID	Secteurs	Bilan cumulé 2016-2020 (m ³)	Bilan cumulé 2016-2024 (m ³)	Bilan cumulé 2016-2025 (m ³)	Rythme 2016-2020 (m ³ /an)	Rythme 2020-2024 (m ³ /an)	Rythme 2024-2025 (m ³ /an)
Plateforme	1	Epis nord	124.40	-1 117.60	-44.00	31.10	-310.50	1 252.17
	2	Cabines Epis	907.70	1 491.10	1 670.80	226.93	145.85	209.59
	3	Cabines linéaires Nord	359.30	550.20	1 420.20	89.83	47.73	1 014.70
	4	Cabines îlots Nord	1 553.60	1 354.60	4 143.20	388.40	-49.75	3 252.41
	5	Cabines centrales	439.30	1 372.70	7 116.40	109.83	233.35	6 699.02
	6	Secteur Central	-129.10	893.10	1 950.10	-32.28	255.55	1 232.80
	7	Jetée Nord	7 222.10	5 709.90	6 442.70	1 805.53	-378.05	854.68
Cordon	8	Epis nord	665.00	-1 386.00	-122.20	166.25	-512.75	1 474.00
	9	Cabines Epis	-1 580.50	-4 054.00	-7 430.00	-395.13	-618.38	-3 937.51
	10	Cabines linéaires Nord	-3 604.60	-4 547.90	-7 190.90	-901.15	-235.83	-3 082.60
	11	Cabines îlots Nord	-4 998.80	-869.60	-1 860.80	-1 249.70	1 032.30	-1 156.06
	12	Cabines centrales	2 944.80	10 949.30	12 608.40	736.20	2 001.13	1 935.05
	13	Secteur Central	4 674.80	13 899.50	17 191.30	1 168.70	2 306.18	3 839.31
	14	Jetée Nord	26 797.50	64 203.70	76 303.80	6 699.38	9 351.55	14 112.64

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

L'engraissement effectif de la partie nord est donc de l'ordre de $+13\,500\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$. A partir des cabines îlots nord (4 et 11) jusqu'aux cabines épis (2 et 9), la perte de matériaux est chronique depuis 2016 et est comprise entre $-3\,000\text{ m}^3$ et $-7\,000\text{ m}^3$. Malgré les opérations de rechargement à hauteur de $+5\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$, le rythme d'érosion est de l'ordre de $-3\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$ à $-4\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$ soit une perte effective de l'ordre de $-9\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$. Le rythme d'érosion sur ces secteurs montre une nette accélération sur la période 2024-2025 puisqu'il passe de $-500\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$ à $-3\,000\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$. Le linéaire des Épis Nord (1 et 8) est plus variable en raison d'une moins grande sensibilité à l'érosion permettant de mieux conserver les apports artificiels de galets. Le bilan est stable sur la période 2016-2025 avec -120 m^3 et un rythme qui fluctue entre -500 et $+1\,500\text{ m}^3\cdot\text{an}^{-1}$.

5. Conclusion

L'analyse de l'évolution morphosédimentaire de la plage du Havre sur la période de 2016 à 2025 a mis en évidence plusieurs éléments essentiels de sa dynamique. Le site montre une évolution globalement très positive au sud et une érosion significative de la partie nord. Ces phénomènes de piégeage sédimentaire le long d'ouvrages portuaires sont classiques notamment sur le littoral seinomarin où la dérive littorale est significative. L'accumulation de $+100\,000\text{ m}^3$ sur la partie sud de la plage confirme un important transit sédimentaire, pourtant déjà fortement impactée par les aménagements situés en amont ainsi que par la présence des différentes communes qui jalonnent le littoral. La stratégie de gestion mise en place est conforme à la dynamique sédimentaire locale et peut être interprétée comme un mécanisme de bypass sédimentaire artificiel. Néanmoins, les analyses réalisées dans le cadre de cette étude ont pu mettre en lumière une érosion chronique du secteur nord malgré les opérations de rechargement. Une adaptation de la stratégie locale semble nécessaire si l'objectif est de maintenir la présence de l'usage balnéaire. En cas d'abandon de la gestion du stock sédimentaire nord, il est très probable que cette zone d'érosion mette en péril les éléments touristiques installés sur la berme. Les conditions hydrodynamiques n'étant pas capables de remonter les galets situés en-dessous du zéro hydrographique, cela pourrait mettre en évidence le signe de l'épuisement progressif en galets du système hydrosédimentaire Antifer/Le Havre déjà constatés sur d'autres secteurs d'études (COSTA et al., 2019). Cependant, cette hypothèse est à confirmer au regard des apports constants de matériaux observés sur la partie sud malgré les opérations de prélèvement. La poursuite du suivi topo-bathymétrique du site, associée à une analyse des conditions hydrodynamiques lors des épisodes de tempête, permettra d'affiner la compréhension du fonctionnement morphodynamique de ce secteur encore peu documenté du littoral seinomarin.

6. Références

- CASPAR Rémi, COSTA Stéphane, LEBRETON Pascal et LETORTU Pauline. (2010). *Les submersions de tempête de la nuit du 10 au 11 mars 2008 sur la côte d'Albâtre (Haute-Normandie, France) : détermination météo-marine*, Norois. Environnement, aménagement, société, no 215, p. 115-132.
- COSTA Stéphane et DAVIDSON Robert. (2004). *Ouvrages transversaux portuaires et impacts hydrosédimentaires : le cas du port de Dieppe (Haute Normandie) (Impact of the harbour management at Dieppe, Norther Normandy, France)*, Bulletin de l'Association de géographes français, vol. 81, no 3, p. 321-333. doi:10.3406/bagf.2004.2395
- COSTA Stéphane, MAQUAIRE Olivier, LETORTU Pauline, THIRARD Guillaume, COMPAIN Vincent, ROULLAND Thomas, MEDJKANE Mohand, DAVIDSON Robert, GRAFF Kevin, LISSAK Candide, DELACOURT Christophe, DUGUET Timothée, FAUCHARD Cyril et ANTOINE Raphael. (2019). *Sedimentary Coastal Cliffs of Normandy: Modalities and Quantification of Retreat*, Journal of Coastal Research, vol. 88, no SI, p. 46-60.
- DEWEZ Thomas. (2024). *Apports des mesures topographiques pour quantifier les changements géomorphologiques : application aux falaises*, Thèse de doctorat, Université Paul Sabatier - Toulouse III, (tel-04824012).
- DUGUET Timothée, DUPERRET Anne, COSTA Stéphane, REGARD Vincent et MAILLET Grégoire. (2021). *Coastal chalk cliff retreat rates during the Holocene, inferred from submarine platform morphology and cosmogenic exposure along the Normandy coast (NW France)*, Marine Geology, vol. 433, p. 106405. doi: 10.1016/j.margeo.2020.106405
- DUPERRET Anne, TAIBI Said, MORTIMORE Rory N. et DAIGNEAULT Martin. (2005). *Effect of groundwater and sea weathering cycles on the strength of chalk rock from unstable coastal cliffs of NW France*, Engineering Geology, vol. 78, no 3, p. 321-343.
- ELINEAU Sylvain. (2013). *Le risque naturel côtier sur la communauté d'agglomération du Havre (Haute-Normandie) : une évaluation des aléas*, Thèse de doctorat, Université du Havre, 278 p.
- LEMOINE Jean-Philippe. (2021). *Dynamique morphosédimentaire de l'estuaire de la Seine : rôle des dragages d'entretien* (Thèses). Consulté à l'adresse <https://theses.hal.science/tel-03594107>
- LETORTU Pauline, COSTA Stéphane, BENSALIM Abdelkrim, CADOR Jean-Michel et QUÉNOL Hervé. (2014). *Vitesses et modalités de recul des falaises crayeuses de Haute-Normandie (France) : méthodologie et variabilité du recul*, Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol. 20, no 2, p. 133-144.
- LETORTU Pauline, COSTA Stéphane, CANTAT Olivier et PLANCHON Olivier. (2016). *Conditions météo-marines responsables des inondations par la mer en Manche orientale française*, La Houille Blanche, vol. 102, no 2, p. 41-46.
- MICHEL Guillaume, LE BOT Sophie, DELOFFRE Julien, LEGRAIN Magalie, LEVAILLANT Romain, SIMON Michel, TESSIER Bernadette et LESOURD Sandric.

2- DYNAMIQUE SEDIMENTAIRE

(2023). *In-situ characterisation of fluvial dune morphology and dynamics under limited sediment supply conditions, Seine River, France*, *Geomorphology*, vol. 439, p. 108855.

PEUZIAT Bastien, COSTA Stéphane et TESSIER Bernadette. (2021). *Évolution historique contemporaine de l'ensablement de la plateforme d'érosion du littoral à falaises de Seine-Maritime*, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 27, no 3, p. 189-204.

RAILLARD Nicolas, CHABOT Simon, MAISONDIEU Christophe, DARBYNIAN David, PAYNE Gregory et PAPILLON Louis. (2023). *RESOURCECODE: A Python package for statistical analysis of sea-state hindcast data*, *Journal of Open-Source Software*, vol. 8, no 83, p. 4366.

RODET Jean. (2002). *Le karst, milieu conservateur*, dans *Géologie de la Préhistoire*, Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire, Paris, p. 167-187.