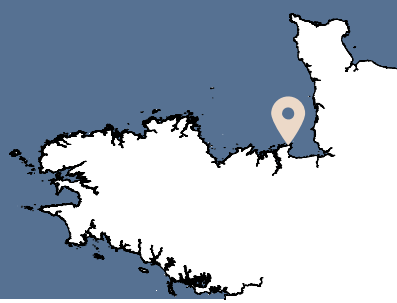


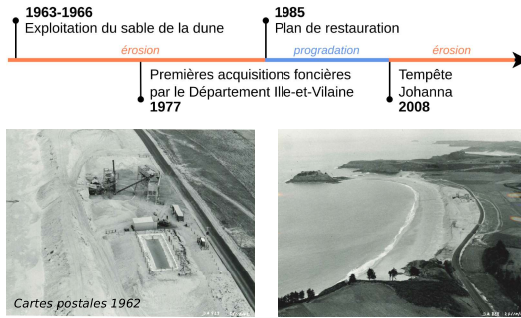
Suivi pluri-décennal rétrospectif et prospectif du trait de côte dunaire par imagerie multispectrale

Iris JEUFRARD, École Nationale des Sciences Géographiques, Champs-sur-Marne
Encadrée par Antoine COLLIN et Dorothee JAMES, CGEL-EPHE-PSL, Dinard
Étude commanditée par le Département d'Ille-et-Vilaine, Rennes



CONTEXTE DU SITE D'ÉTUDE

Les écosystèmes littoraux sont précieux en vertu des nombreux services écosystémiques qu'ils rendent. Les complexes dunaires en sont un parfait exemple pour leur richesse d'habitat et de biodiversité, leur rôle de barrière naturelle contre les aléas météo-marins, leur attractivité touristique, etc. L'anse du Guesclin (sujet de cette étude) est un massif dunaire emblématique de la côte d'Émeraude et constitue à ce titre un site d'exception à préserver. En effet son cordon dunaire de 700 m de long et son marais arrière littoral drainé par un petit ruisseau côtier, la Trinité, abritent une grande variété de communautés végétales et animales. La diversité des habitats et la présence de plusieurs espèces protégées et patrimoniales confèrent au lieu une grande valeur écologique.

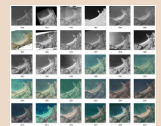


Pourtant le site a été fortement endommagé par le passé. La dune est entièrement rasée dans les années 1960 pour l'exploitation de son sable dans le cadre de la construction du barrage marémoteur de la Rance. Le site est ensuite artificialisé et asséché (digue intra-dunaire, enrochements, parkings, route départementale, émissaire) contribuant à l'explosion du tourisme. L'Anse du Guesclin intègre le réseau des espaces naturels sensibles (ENS) en 1977, date des premières acquisitions foncières du Département Ille-et-Vilaine. Il faudra cependant attendre la mise en œuvre d'un plan de restauration en 1985 pour que la dune se reconstruise progressivement.

À l'heure du changement climatique et de la hausse du niveau marin, le massif est aujourd'hui de plus en plus vulnérable aux pressions anthropiques (urbanisation, tourisme de masse, etc.) et aux aléas météo-marins plus fréquents et plus violents (e.g. la tempête Johanna a ravagé la dune en 2008). Les conséquences sur les communautés végétales et animales et sur la sécurité du lieu sont nombreuses, le Département a donc décidé d'engager une démarche de préservation depuis 2010. La question du réaménagement de la route départementale qui longe la crête du cordon dunaire est centrale puisqu'elle déconnecte les habitats avant (dune blanche) et arrière du massif (dune grise, habitat d'intérêt communautaire prioritaire) et représente le principal enjeu anthropique du site. Le suivi pluri-décennal du trait de côte permet d'évaluer l'évolution de l'érosion du massif. Il sert de base scientifique pour l'élaboration d'une stratégie de gestion durable tant sur les plans écologiques que sécuritaires.



DONNÉES



Série de 30 images aériennes multispectrales orthogéoréférencées, acquises par l'IGN de 1948 à 2021.



Données météorologiques de la station Dinard-Pleurtuit (Météo France) et niveau moyen de la mer du marégraphe de Brest (SHOM) annuelles ou hivernales en concordance avec la série temporelle.



Paramètres météo-marins issus des prévisions régionales du GIEC, disponibles à 3 échéances et selon 3 scénarios RCP (Representative Concentration Pathways) RCP2.6, RCP4.5, RCP8.5 classés du plus optimiste au plus pessimiste.

MÉTHODE

1 Extraction et analyse pluri-décennale rétrospective du trait de côte

- Définition du trait de côte naturel stable à l'échelle pluri-décennale : pied de végétation de la dune blanche, côté mer.
- Tracé du trait de côte sur QGIS sur chaque image historique.
- Analyse quantitative de l'évolution spatio-temporelle des traits de côte via le plugin DSAS sur ArcMap.



2 Modélisation du recul du trait de côte en fonction de paramètres météo-marins

Un massif dunaire répond directement ou indirectement à des forçages naturels météorologiques, éoliens ou hydrodynamiques. Il est façonné saisonnièrement par l'érosion météo-marine hivernale et les sédiments éoliens estivaux. Afin d'expliquer l'évolution du trait de côte par ces facteurs naturels, la série temporelle est approchée par différents modèles en fonction de paramètres météo-marins observés historiquement et localement (température, vent, précipitation, niveau moyen de la mer).

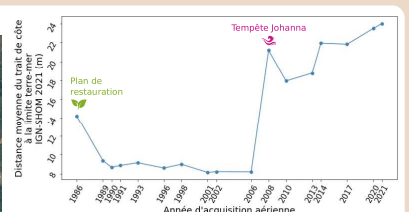
- 3 modèles implémentés :
 - Régression linéaire en fonction de paramètres météorologiques annuels.
 - Régression linéaire en cantonnant les paramètres météorologiques à la période hivernale (octobre à mars), période subissant le plus les tempêtes et vents extrêmes.
 - Régression non linéaire par Random Forest (RF) en fonction de paramètres météorologiques annuels.



3 Application du modèle prédictif à partir des données du GIEC

Afin d'obtenir une projection du trait de côte selon 3 scénarios à court (2021-2040), moyen (2041-2060) et long terme (2081-2100), le modèle linéaire hivernal retenu précédemment est appliqué avec les mêmes grandeurs météo-marines dont les valeurs sont issues des prévisions du GIEC.

RÉSULTATS

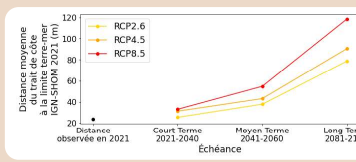
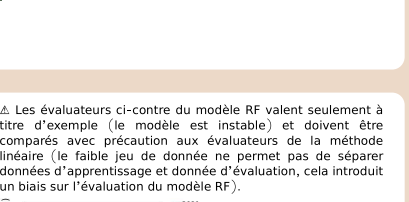


Le trait de côte naturel n'est pas visible entre 1963 et 1985 puisque la dune a été complètement rasée (jusqu'à la route départementale) à cette période. La suite de l'étude porte donc sur 17 dates de 1986 à 2021.

Modèle de régression	Coefficient de détermination R ²	Coefficient de corrélation r	RMSE (racine de l'erreur quadratique moyenne)
Linéaire	0.78	0.88	4.25 m
Linéaire hivernal	0.84	0.92	3.07 m
Random Forest	0.91	0.97	1.70 m

Le modèle RF présente en moyenne de meilleurs évaluateurs (R² et RMSE) que le modèle linéaire, mais demeure très instable et peu robuste au sur-apprentissage au vu du faible nombre de données. Cela nous conduit à préférer le modèle linéaire qui possède l'avantage d'être stable. Ce modèle amélioré qui tient compte de la rudesse de la période hivernale témoigne de la vulnérabilité du massif aux événements météorologiques extrêmes.

Les évaluateurs ci-contre du modèle RF valent seulement à titre d'exemple (le modèle est instable) et doivent être comparés avec précaution aux évaluateurs de la méthode linéaire (le faible jeu de donnée ne permet pas de séparer données d'apprentissage et donnée d'évaluation, cela introduit un biais sur l'évaluation du modèle RF).



Les résultats prédictifs des différents modèles indiquent tous une nette tendance au recul du trait de côte et ce dès le court terme, ce qui confirme les observations historiques. L'érosion serait exponentielle avec le degré de gravité du scénario et l'échéance. Le modèle linéaire hivernal prévoit un recul du trait de côte par rapport au niveau de 2021, de 2 à 9 m à court terme, 14 à 31 m à moyen terme, et 54 à 94 m à long terme, selon les scénarios.

CONCLUSION

Les spécificités du site de l'Anse du Guesclin rendent complexe la tâche d'établir un modèle robuste. En effet, le massif a été essentiellement marqué par des facteurs anthropiques (exploitation, fréquentation, aménagements urbains, etc.) ou des phénomènes météorologiques ponctuels (tempête, submersion, etc.) qui ne se décèlent pas ou peu dans les données météo-marines annuelles. Par ailleurs, l'historique particulier du site scinde les données en deux régimes distincts : progradation avant 2008 et érosion à partir de 2008.

Bien que ces résultats soient perfectibles ils sont sans équivoque. La dune pourrait reculer de plus de 14 m d'ici 2040 ! Ils confortent la nécessité de préserver un tel site, sanctuaire pour de nombreuses espèces (particulièrement grâce au marais arrière dunaire) et protection naturelle contre les risques de submersion.



Carte des projections du trait de côte selon le modèle linéaire hivernal