Ensablement de la zone intertidale du littoral de Seine-Maritime :

vers une méthodologie de suivi haute fréquence par analyse d'images satellite

Bastien Peuziat^{1,2}*, Stéphane Costa¹, Candide Lissak¹, Dorothée James³, Bernadette Tessier²

¹ Normandie Univ, UNICAEN, CNRS, LETG, 14000 Caen, France

² Normandie Univ, UNICAEN, CNRS, M2C, 14000 Caen, France

³ Ecole Pratique des Hautes Etudes, PSL Université Paris, CNRS LETG, 35800 Dinard, France

JJG 2021 – 23/06/2021





Normandie Université



- UNIVERSITÊ Caen Normandie
- > Origine Fraction Sableuse ? Facteurs responsables ? Évolution temporelle ?

Sédiments sableux toujours observés sur le littoral de Seine-Maritime

arrivée de plus en plus importante de sables sur le platier rocheux



- Répartition spatiale ? Facteurs répartition ?
- Impacts Ensablement sur fonctionnement morpho-sédimentaire des Cordons de galets ? Sur la Biodiversité ? Sur les Activités Humaines ?

1. Problématique du sujet d'étude

Les observations de la fin des années 1990 (Costa, 1997; Augris et al., 2004) ont montré une

Phénomènes d'ensablements provoquent des désagréments aux activités économiques

maritimes (chenaux d'accès aux ports, parcs ostréicoles) et sur les habitats naturels





2. Littoral de Seine-Maritime

Plateaux crayeux

Falaises vives crayeuses Cordons de galets à silex













Plateforme d'érosion marine

Formations superficielles sableuses







NI(AEN



Étendues sableuses pérennes :

- Épaisseur métrique à pluri-métrique
- Situées à proximité de débouchés de vallées, masquant l'existence de paléo-chenaux



Placages sableux d'épaisseur décimétrique à métrique:

- Sur le platier rocheux, transitant parallèlement au rivage vers le NE sous l'action des courants de houle et de marée
- À la surface des cordons de galets



4



LETC



UNI(AEN

UNIVERSIT

NORMANDI



- Sur les <u>20 missions aériennes</u> de l'IGN, seules **8 séries photographiques** étaient à marée basse (*pas aux mêmes coefficients*), de 1966 à 2013 :
- 6 séries couvrant toute la zone d'étude
- 2 séries sur le secteur NE

- Géoréférencement + redressement de 5 séries de 1966 à 1999
- Orthophotographie géoréférencées de l'IGN en 2000, 2012 et 2013



Cartographie de l'emprise des séries photographiques (IGN)



LETG



UNI(AEN

Approche historique :

Méthodologie

1966

- Digitalisation des surfaces ensablées sur <u>l'intégralité des</u> <u>séries</u>
- 2. Normalisation à partir de la série présentant <u>l'estran le moins visible</u>
- 3. Comparaison des surfaces ensablées en <u>fonction du</u> <u>temps</u> et en <u>fonction des</u> <u>cellules hydrosédimentaires</u> définies par jetées portuaires



1984

Digitalisations normalisées de 1966 à 2015 (plage de Puys, à l'Est de Dieppe)



LETG



6 17













Approche historique :

Résultats

0°12′ 0°24' 0°36 0°48' 1°0′ 1°12′ **2 SECTEURS DISTINCS :** St-Valéry-en-Caux (2) 49°45' (6) Le Frépor (4)(5) Paluel-50°6' ANTIFER Étretat ieppe 49°42' FRANCE 50°3' Secteur occidental, \triangleright du Cap 5 (km) 10 49°39' 50°0' d'Antifer à St-Valéry-en-Caux : Cellule hydrosédimentaire (Hydrosedimentary cell) (Peuziat, 2021) 0°12' 0°24' 0°36' 0°48' 1°24' 1°0' 1°12' 0,67 cell 1966 1984 1995 1999 2000 2015 2012 Évolution temporelle des surfaces ensablées pour chaque cellule hydrosédimentaire (km²/km linéaure) Peu ou pas de sables sur l'estran sandy areas within each hydrosedimenta Sables grossiers sur les cordons 0,5de galets 0.4-Secteur oriental, au NE de St- \succ 0,3-Valéry-en-Caux, jusqu'au au 0,2-Tréport : in time of 0.1 Zone riche en fraction sableuse (Cap d'Ailly) Evolution Sables fins sur l'estran St-Valéry-Paluel -Antifer -Étretat -Fécamp -Dieppe -Penly -4 St-Valéryen-Caux - (6) 1 $\overline{(7)}$ Étretat Fécamp Paluel Penly Le Tréport en-Caux Dieppe



• Evolutions différentes selon les cellules

Evolution temporelle des surfaces ensablées depuis 19667pour chaque cellule hydrosédimentaire, du SO vers le NE. Les17surfaces ensablées sont représentées en km²/km linéaire.17



Approche historique :

Discussion

Mauvaise représentativité temporelle (temps entre deux séries photographiques long)

• <u>Photo-interprétation</u> images anciennes :

Reconnaissance du terrain

Digitalisation manuelle = chronophage

Subjective mais assez précise (marge erreur -7%)



Normandie Université



UNIVERSITÉ CAEN NORMANDIE





- > Pour <u>améliorer la représentativité temporelle</u> :
 - → Réduire le pas de temps entre deux images : IMAGES SATELLITES
 - = récurrence plus importante
 - = suivi des variabilités saisonnières, à l'échelle d'une tempête,...



> Détection semi-automatique des étendues sableuses = méthode plus rapide, régularité temporelle, très haute résolution

4. Approche satellitaire



satellites disponibles, Plusieurs avec différentes résolutions et revisites (Pléiades, SPOT, Sentinel,...)

Utilisation des satellites Sentinel-2 :

- 12 bandes multispectrales

- Revisite élevée

- Images en libre accès (CNES/Theia)

- Résolution = **10 m** pour le RGB + PIR







- 13 images récupérées, du 15/06/2016 au 11/08/2020, entre Étretat et Le Tréport

Largeur fauchée = 290 km : tout le littoral



Emprise spatiale des images satellites Sentinel-2 utilisées



Classification supervisée orientée pixel :

Méthode de traitement





Test de chaque bande spectrale :

Calcul du poids de chaque bande spectrale :

- pourcentage de précision globale

coefficient de Kappa

évaluation de la précision

紧





- ✤ La B8A ↗ précision pour algorithme RF mais ↘ pour SVM et KNN





LETG

Rapport temps de traitement/précision classification = choix de ne conserver **que les 4 bandes RGB + PIR**

11 17

P(a) : aléatoires



rmandie Univer

UNI (AEN

Images Sentinel-2 :

bonne revisite et données en libre accès

image du 28/06/2019

image du 12/07/2020





• Création de 5 classes caractérisant le littoral :



Sable Pla

Platier rocheux

Cordon de galets

















Overall accuracy 100 95 90 85 80 75 70 15/03/2016 08/07/2018 18/07/2018 17/08/2018 14/05/2019 28/06/2019 07/08/2019 12/07/2020 11/08/2020 18/02/2017 19/04/2017 18/06/2017 18/07/2017

 $OA = \frac{\sum pixels \ correctement \ classés}{\sum pixels \ correctement \ classés}$

 \sum pixel classés

SVM * KNN * RF



→ Très bons %, supérieur à 87%

- Coefficient de Kappa > 0,84 \rightarrow
- Meilleure précision pour l'algorithme SVM

Évaluation de la précision des classifications



P(o) : observées P(a) : aléatoires





Classification supervisée orientée pixel :

image du 06/03/2021

Support Vector Machine









Platier rocheux Cordon de galets Mer

Sable

Ombre





- <u>Classification supervisée d'image en fonction des pixels</u> Plusieurs algorithmes :
- K-Nearest Neighbors
- Random Forest
- Support Vector Machine



UNI(AEN

UNIVERSITE

LETG

Calcul des surfaces ensablées

- En fonction des différentes cellules hydrosédimentaires délimitées par les jetées portuaires
- Surfaces homogénéisées par rapport à la limite de marée haute du 18/07/2018 (en km²/km linéaire)
 - → Arrivées de sables au printemps/été
 - → Pas systématique spatialement et temporellement
 - Graphique de la hauteur des vagues >2m ainsi que la vitesse du vent >13m/s, de quadrant SW-NE
 - → Certains épisodes tempétueux
 précédents des variations d'ensablement
 mais pas d'homogénéité





- Utilisation de **données opensource** (CNES/Theia)
 - > contraintes importantes pour la sélection des images (nuages, ombres, marée basse)
- Méthode de classification supervisée orientée pixel, en utilisant les algorithmes couramment utilisés : KNN, SVM et RF
 - > Peu utilisée dans le domaine côtier et sur le suivi des surfaces ensablées
 - Coefficients de précision des classifications très bons (> 87%)
 - Mise en évidence d'une forte variabilité interannuelle en fonction des cellules hydrosédimentaires



NI(AEN

- Pas de données en hiver/pendant tempête = manque de données pour visualiser les variations saisonnières
- Perspective : Utilisation d'autres données, de type PlanetScope/Pléiades, pour essayer
 - d'encadrer un épisode de tempête
 - d'observer les évolutions des surfaces ensablées liées aux conditions météo-marines

Merci de votre attention



