

9 octobre 2013

*"Connaître et comprendre
l'espace terre-mer :
l'apport de l'Ortho littorale"*

Apport de l'imagerie satellitaire pour la gestion du littoral :

Détermination du trait de côte : Saint Pierre et Miquelon

Laure Chandelier
Christelle Bosc
Renaud Lagnous
Muriel Raviola

Pôle Applications Satellitaires et
Télécommunications



Présent
pour
l'avenir

Crédit photo : Arnaud Bouissou/MEDDTL



Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie

www.cete-sud-ouest.developpement-durable.gouv.fr

Le spatial pour le littoral

■ Différents capteurs

pour différentes applications

- Radar altimétrique : Jason 2 & 3
Sentinel 3, SWOT...
- Radar actif / passif : Cosmo-skymed,
RadarSat2, TerraSAR-X, Sentinel 1A/B /
SMOS, SMAP, SMOS Next

Hauteur instantanée
Rugosité
Vitesse de courant de surface
Humidité des sols et salinité
des océans
Vents de surface

- Satellite optique : Landsat, Spot,
Pléiades, Sentinel 2
- Radiomètre imageur infrarouge : MODIS
- Satellite IRT : Thirsty

Cartographie des faciès
littoraux, trait de côte,...
Qualité de l'eau
Bathymétrie
Température de surface

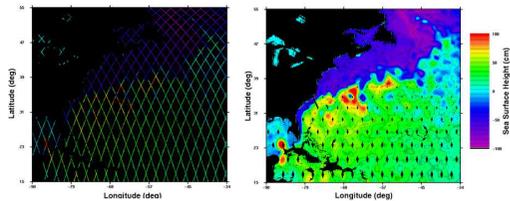
- Satellite météo, Satellite gravimétrique

En bleu : satellites futurs



Altimètre Nadir classique

Altimètre à fauchée



Deux types de technologies
d'altimétrie satellitaire

Source : <http://smc.cnes.fr/SWOT/Fr/>



Images Pléiades - Lorient

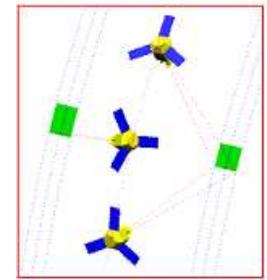
Source :

<http://smc.cnes.fr/PLEIADES/Fr/>

Intérêt / limite du spatial

INTERET

- **Capacité de revisite** : selon type d'orbite, de la fauchée, du capteur, de la constellation, de la météo (entre 1 et 15 jours)
- **Résolution spectrale** : possibilité d' « enregistrer » dans différentes bandes spectrales
- **Résolution spatiale** : accès à différentes échelles
- **Couverture** : possibilité de grandes surfaces homogènes, sur des zones éloignées
- **Gain de temps** pour la mise à disposition des images
- **Automatisation de l'exploitation** (classifications, ...)



Pleiades : 1 jour

LIMITES

- **Contraintes météo**
- Haute répétitivité temporelle **vs** haute résolution spatiale
- Nécessité d'**appropriation** des technologies
- **Coût**, mais mutualisation et de projets de diffusion des images et à comparer avec autres technologies

Contexte et enjeux

- Grenelle de la Mer

Besoin d'une **vision nationale**

- **Erosion, submersion** : gestion intégrée
- Impact des **activités** : manque de connaissances

Xynthia 2010, besoin d'une vision de l'évolution du trait de cote

Organisation du recul stratégique des biens et des activités (SN)



- Stratégie Nationale de Gestion Intégrée du Trait de Cote

Connaissance TDC : localisation, observations pérennes / **Catalogue sédimentaire** /

Identification des **territoires à Risques d'érosion** : indicateur

- PPRL

Recul du trait de cote / submersion marine / déplacement des dunes

Besoin d'informations géographiques

- état initial
- suivi, analyse

- Plan d'applications satellitaire du MEDDE

Chantier « Gestion durable du littoral »

A.6-Mettre en place un projet pilote pour la cartographie de référence du littoral pour suivre l'**évolution du trait de côte**, et l'effectivité du recul stratégique et de la défense contre la mer



- CETMEF :

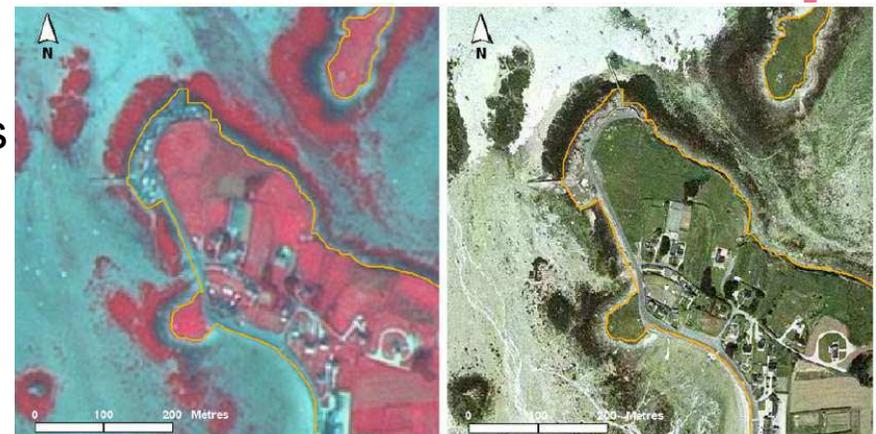
Etude sur l'apport de l'imagerie satellitaire pour la caractérisation du trait de côte

Détermination du trait de côte à partir d'imagerie satellitaire

- **Par photo-interprétation** : idem photographies aériennes
 - ➔ Sous SIG : détection visuelle à l'écran de l'indicateur du trait de côte choisi
 - ➔ Pour le suivi : à renouveler dans le temps
 - ➔ Éventuellement à accompagner de campagnes terrain et de recommandations d'expert
 - ➔ Possibilité de travailler en 3D si couple stéréoscopique

- **Caractéristiques :**

- ➔ Nécessite des interprètes expérimentés
- ➔ Précis et fiable
- ➔ Long et coûteux

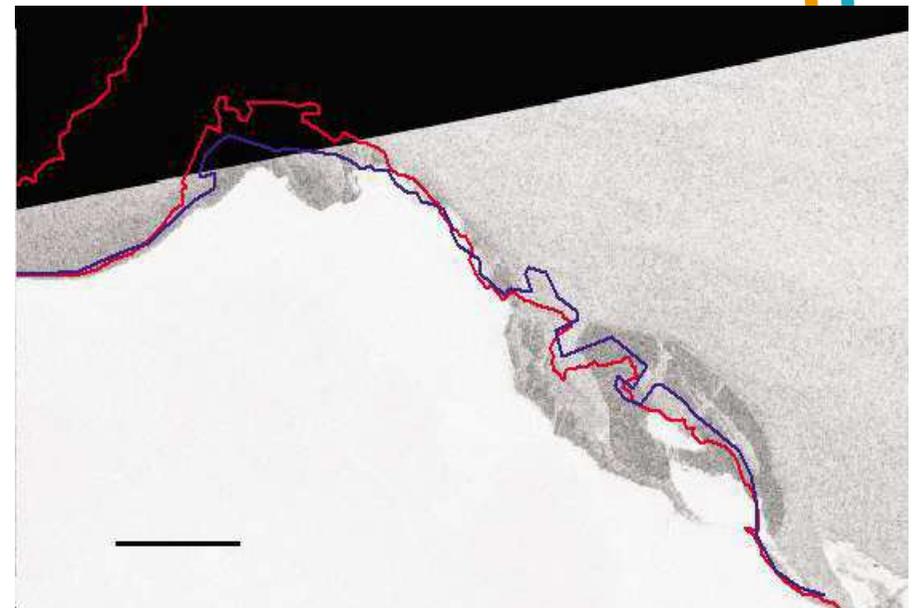


*Numérisation des ouvrages portuaires d'après image Spot 5, à Gauche, Orthophographie littorale de la zone considérée à droite. Superposition du trait de côte photointerprété sur SPOT5 (ligne jaune)
Source : Norois, revues.org, Le Berre et al., 2005*

Détermination du trait de côte à partir d'imagerie satellitaire

- **Extraction semi-automatique**

- Limite zone immergée / zone émergée sur image optique (seuil, indice, gradient, voire classification) ou radar (rugosité)

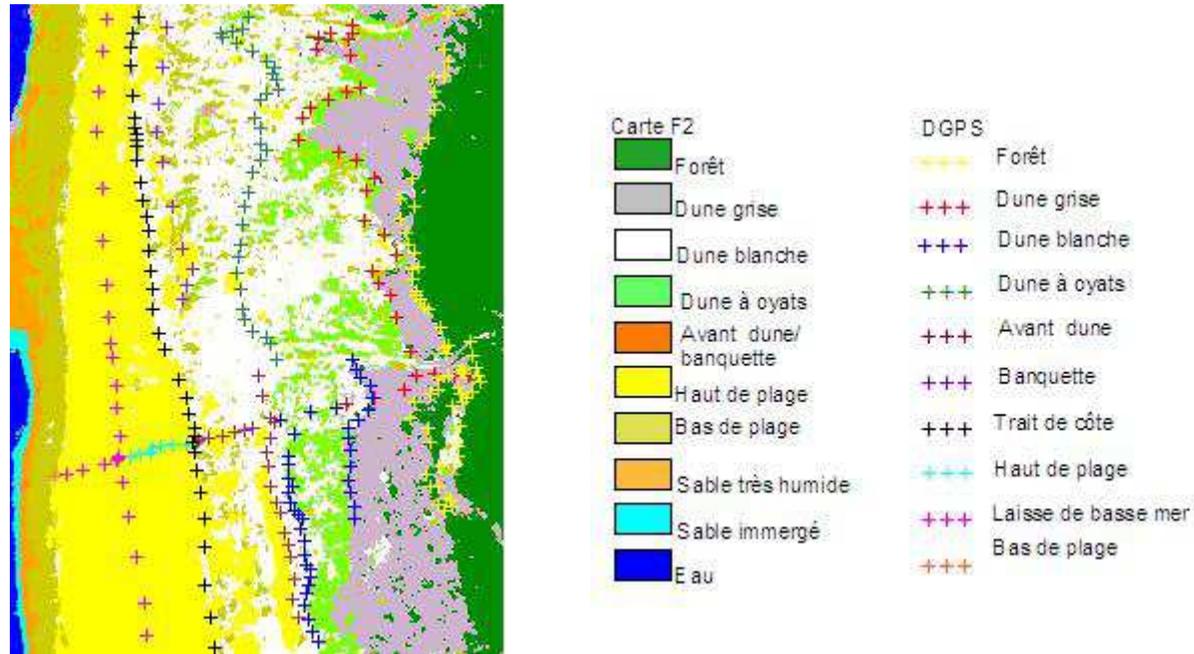


Evolution du trait de côte (contact terremer) en Guyane extrait à partir d'images Radar entre 2 dates (en bleu, juin 2000 sur image ERS, en rouge, mai 2001 sur Radarsat-HH) superposé à l'image Radarsat-HH de février 1997 (Baghdadi et al., 2004)

Extraction du trait de côte par classification SVM, regroupement en 2 classes, images Pléiades – Miquelon (Lagnous, CETE SO - 2013)

Détermination du trait de côte à partir d'imagerie satellitaire

- **Extraction semi-automatique**
 - ➔ Via la cartographie des faciès littoraux



Résultat de la classification et données terrain de la côte sableuse de la côte Aquitaine, images Formosat (Lafon et al., 2010)

www.geotransfert.epoc.u-bordeaux1.fr

Détermination du trait de côte à partir d'imagerie satellitaire

- **Extraction semi-automatique**

- ➔ Détection de l'artificialisation du trait de côte

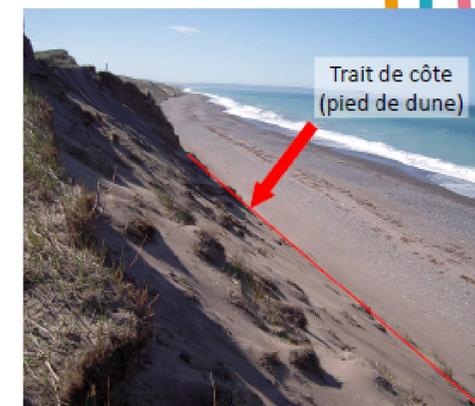
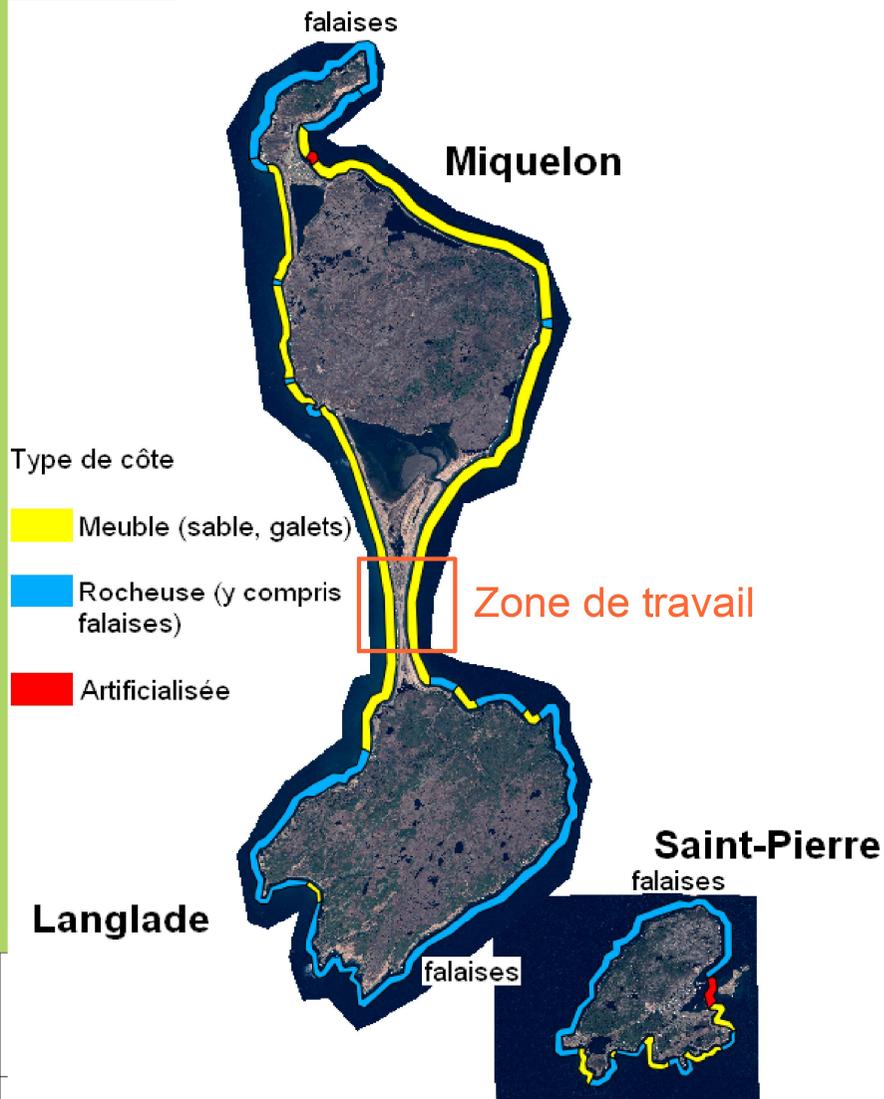


*Traitement d'une image Geoeye (Arcachon) :
détection de l'artificialisation du Trait de Côte matérialisée par les angles droits
(vert) et les segments parallèles (rouge)
(Fonatanaz 2012 ; Nasser, 2011)*



Expérimentation sur Miquelon

- Zone de travail : tombolo de Miquelon
- Côte meuble (sable et galets), zone en érosion (environ 3 m / an)



Exemples de trait de côte. Photos : DTAM 975

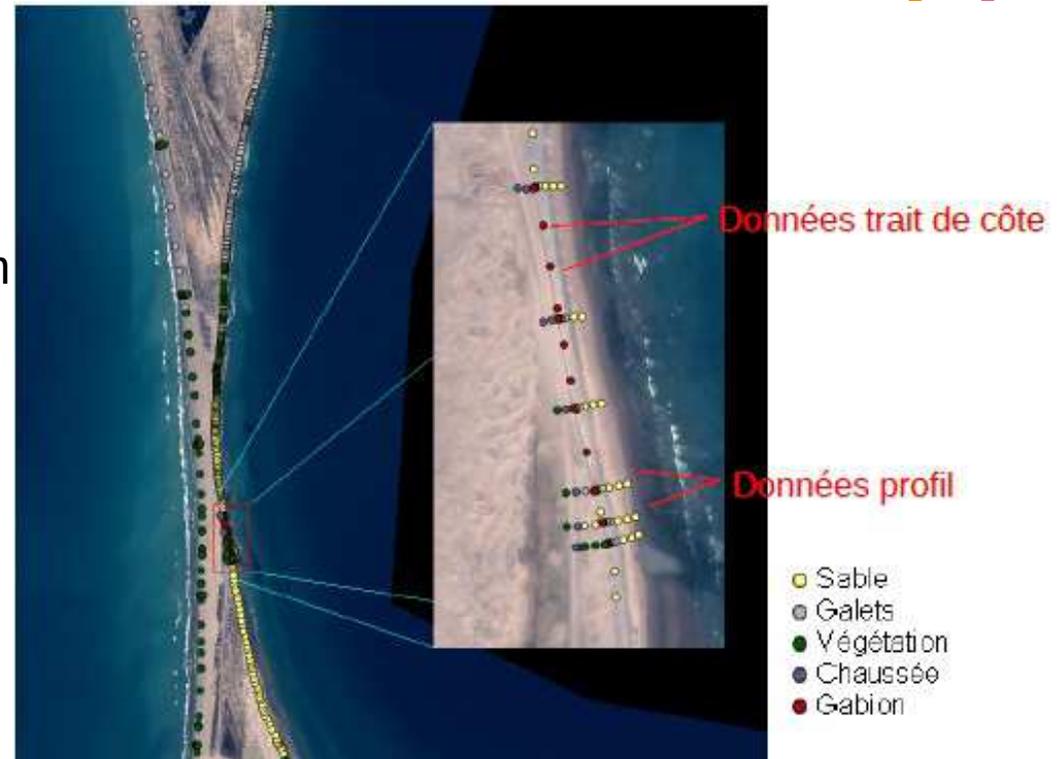
Données utilisées

■ Orthoimages Pléiades :

- Canaux radiométriques : rouge, vert, bleu, proche infrarouge
- Résolution : 50cm
- Précision géométrique : 1m
- Date : 1^{er} mai 2012

■ Levé terrain du trait de côte

- Réalisé par la DTAM 975
- Précision instrumentale : qq cm
- Interprétation in-situ
- Date : mai / juin 2012 (?)



Principe de la méthode

- **Hypothèse** : le trait de côte « passe » entre deux types de faciès
- D'où :
 - ➔ Etape 1 : cartographier les différents faciès à proximité du trait de côté potentiel
 - ➔ Etape 2 : extraire le trait de côte comme limite entre deux ensembles de faciès (ceux au-dessus et ceux en-dessous du trait de côté)
 - ➔ Etape 3 : évaluation
- Utilisation d'outils libres
 - ➔ Orfeo Toolbox
 - ➔ QGIS
 - ➔ GRASS
 - ➔ Chaîne de traitement PCI AST



Méthode développée

Restriction
de la zone
de travail



Zone de travail
réduite

Calcul et
ajout des
néocanaux

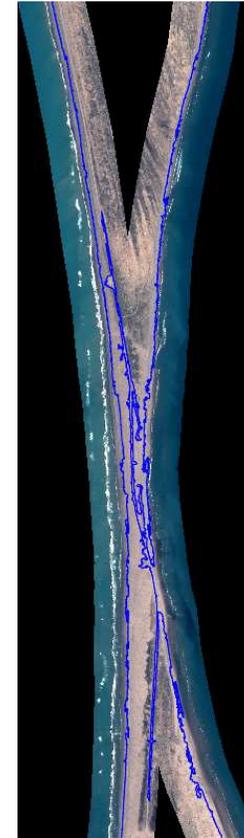
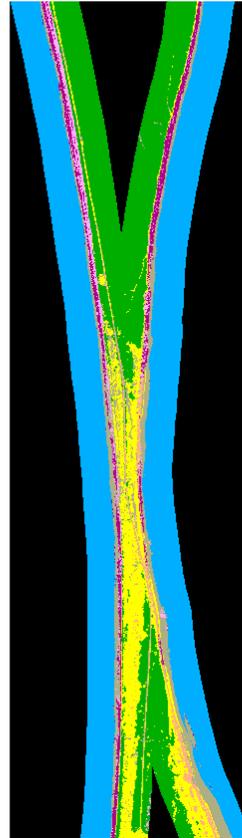


Exemple d'indice :
le NDVI

Classification
et post-
traitement



Résultat de la classification
effectuée par la chaîne à 8
classes.



Trait de côte
obtenu.

Évaluation



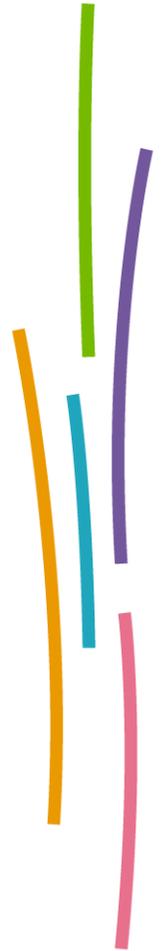
Évaluation
visuelle
du trait de
côte.



Évaluation de
la distance
entre le trait
de côte et les
données de
terrain.

Zoom sur la classification

- Plusieurs algorithmes explorés :
 - classification non supervisée par K-Means
 - classification supervisée par SVM
 - combinaison des deux (cf. **chaîne de traitement** PCI AST)
- Plusieurs nomenclatures envisagées
 - Analyse données terrain & observation orthoimage => 25 classes
 - Analyse du paysage & simplification => **8 classes**
 - + tests complémentaires : eau/non eau et 4 classes



Résultats « chaîne 8 classes »

- Critères numériques de qualité de la classification

N° classe	1 – Anthropisé	3 – Végétation	11 – Bas de plage	12 – Plage	13 – Haut de plage	14 – Galets -	15 – Galets +	20 – Eau
F-score	0,000	1,000	0,855	0,586	0,911	0,773	0,672	1,000

Classification SVM « chaîne 8 classes »
F-Score



Légende nomenclature chaîne 8 classes

	1 – Bâti	3 – Végétation	11 – Bas de plage	12 – Plage	13 – Haut de plage	14 – Galets -	15 – Galets +	20 – Eau
1 – Bâti	0,00	22,15	0,00	0,00	77,85	0,00	0,00	0,00
3 – Végétation	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11 – Bas de plage	0,00	0,00	84,45	0,40	7,59	4,50	2,78	0,28
12 – Plage	0,00	0,00	0,01	87,98	11,90	0,04	0,07	0,00
13 – Haut de plage	0,00	0,00	3,72	9,14	87,14	0,00	0,00	0,00
14 – Galets -	0,00	0,00	0,22	2,28	0,46	78,27	18,77	0,00
15 – Galets +	0,00	0,00	3,50	0,54	0,09	29,15	66,73	0,00
20 – Eau	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

Classification SVM « chaîne 8 classes »
Matrice de confusion

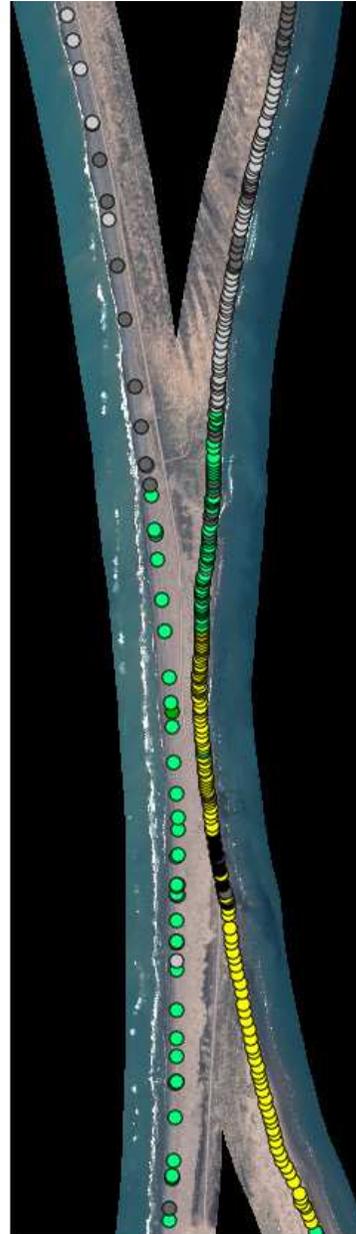


Illustration des classes retenues sur une zone de plage

Résultats « chaîne 8 classes »

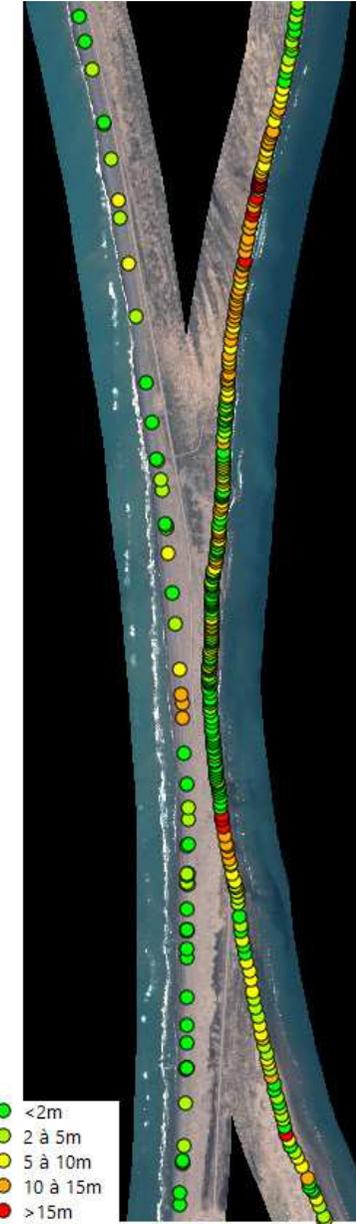


- Mauvais
- Moyen
- Bon



- Gabions
- Galet
- Galet 2
- Végétation
- Sable

Type d'indicateurs utilisés pour le levé du tdc



- <2m
- 2 à 5m
- 5 à 10m
- 10 à 15m
- >15m

Distance tdc extrait / levé terrain

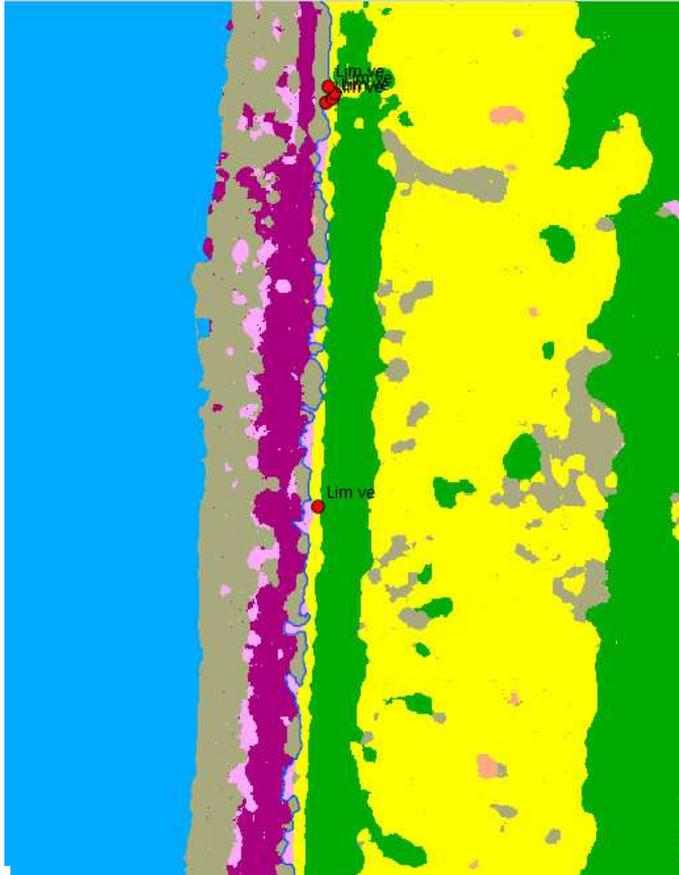
$d_{\text{moy}} = 5,3\text{m}$

En enlevant gabions & crête de berme
 $d_{\text{moy}} = 2,2\text{m}$

Évaluation visuelle de la classification à proximité du tdc

Résultats « chaîne 8 classes »

Zone indicateur végétation



Classification obtenue



Image Pléiades

Données terrain(en rouge) et trait de côte (en bleu) correspondants.



- Anthropisé
- Végétation
- Bas de plage
- Plage
- Haut de plage
- Galets -
- Galets +
- Eau

Résultats « chaîne 8 classes »

Zone indicateur sable / galet



Classification obtenue

Image Pléiades

Données terrain(en rouge) et trait de côte (en bleu) correspondants.

- Anthropisé
- Végétation
- Bas de plage
- Plage
- Haut de plage
- Galets -
- Galets +
- Eau

Résultats « chaîne 8 classes »

Zone indicateur galet



Classification obtenue



Image Pléiades

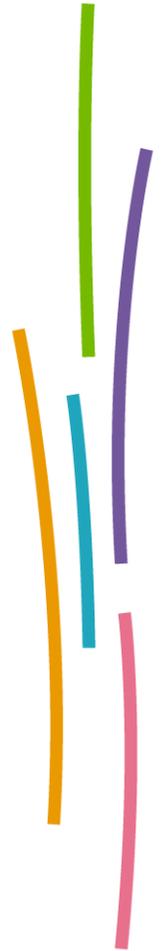
Données terrain(en rouge) et trait de côte (en bleu) correspondants.



- Anthropisé
- Végétation
- Bas de plage
- Plage
- Haut de plage
- Galets -
- Galets +
- Eau

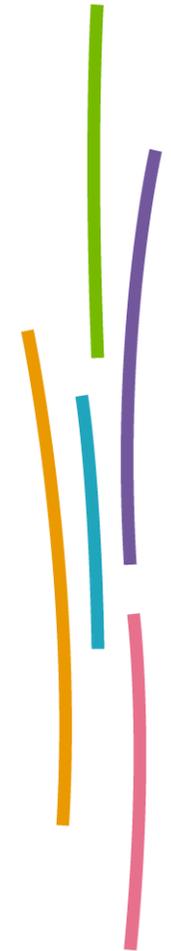
Critiques de la méthode

- Méthode
 - relativement rapide à remettre en œuvre
 - utilisant des logiciels libres
 - intérêt de disposer d'une cartographie des faciès
- Classification :
 - dans l'ensemble résultats intéressants
 - moins performante sur certaines zones de transition
- Trait de côte :
 - précision encourageante
 - méthode d'extraction du trait de côte inadaptée
- Evaluation :
 - pertinence du calcul de la qualité du tdc avec les levés terrain ?
différence de date, indicateurs plus ou moins francs



Perspectives

- Fiabiliser la méthode : vers un outil dédié
- Tester sur d'autres type de côte : que faut-il adapter ?
- Comparer les résultats à deux dates pour réellement évaluer l'intérêt pour le suivi du trait de côte
- Tester l'apport d'un MNT
- Améliorer l'extraction du trait de côte
- Envisager la « mise en production » de ce type de méthode : interaction avec un opérateur (la carte comme support, aide à la saisie)
- Comparer les mouvements des faciès, ne pas se limiter au trait de côte
- Réfléchir à des indicateurs adaptés aux images satellite



FIN

