

Ortho littorale V3

Étude préalable pour un futur millésime

avril 2018



Ortho littorale V3

Étude préalable pour un futur millésime

Historique des versions du document

Version	Date	Commentaire
1	04/04/18	version 1 réalisée pour la réunion du sous-groupe Ortho littorale (GIMeL) du 10/04/18
2	23/04/18	prise en compte des remarques du sous-groupe Ortho littorale complément IGN sur les coûts d'acquisition

Affaire suivie par

Pierre Vigné - Département Aménagement Durable des Territoires – Groupe Environnement Energie Littoral
Tél. : 02 35 68 82 26
Courriel : Pierre.Vigne@cerema.fr
Site du Grand-Quevilly : Cerema Normandie Centre – 10 chemin de la poudrière – CS 90245 – 76 121 Le Grand-Quevilly cedex

Références

n° d'affaire : C16RA0075
maître d'ouvrage : DGALN

Rapport	Nom	Date	Visa
Rédacteurs	Muriel Sauvé, Cécile Delafenetre, Pierre Vigné, Sara Reux	04/04/18 23/04/18	

Synthèse de l'étude sous la forme de propositions

Cette étude préalable a été réalisée dans le cadre du sous groupe ortho littorale qui appartient au groupe de travail national GIMeL de la commission données du CNIG. Elle a pour objectif d'analyser des points qui étaient à approfondir de manière à disposer d'arguments pour une acquisition d'un nouveau millésime et être en capacité de faire des recommandations.

Spécifications des prises de vues :

- Prise de vues avec hauteur d'eau inférieure à 1m
- Respect des unités spatiales et temporelles fixées par le groupe de travail
- Résolution de 50cm
- Pas de nuag et absence de réflectance
- Conditions anticycloniques établies depuis plus de 48h.
- Limiter les dévers, éviter les ombres
- Axes de vol parallèles à la côte
- Prises de vues RVB et IR

Fréquence de mise à jour :

- Tous les 5 ans avec critère strict de respect de la hauteur d'eau à 1m. Portage Etat
- Tous les 2 ans sur 800km de secteurs à enjeux. Portage acteurs locaux avec incitation Etat

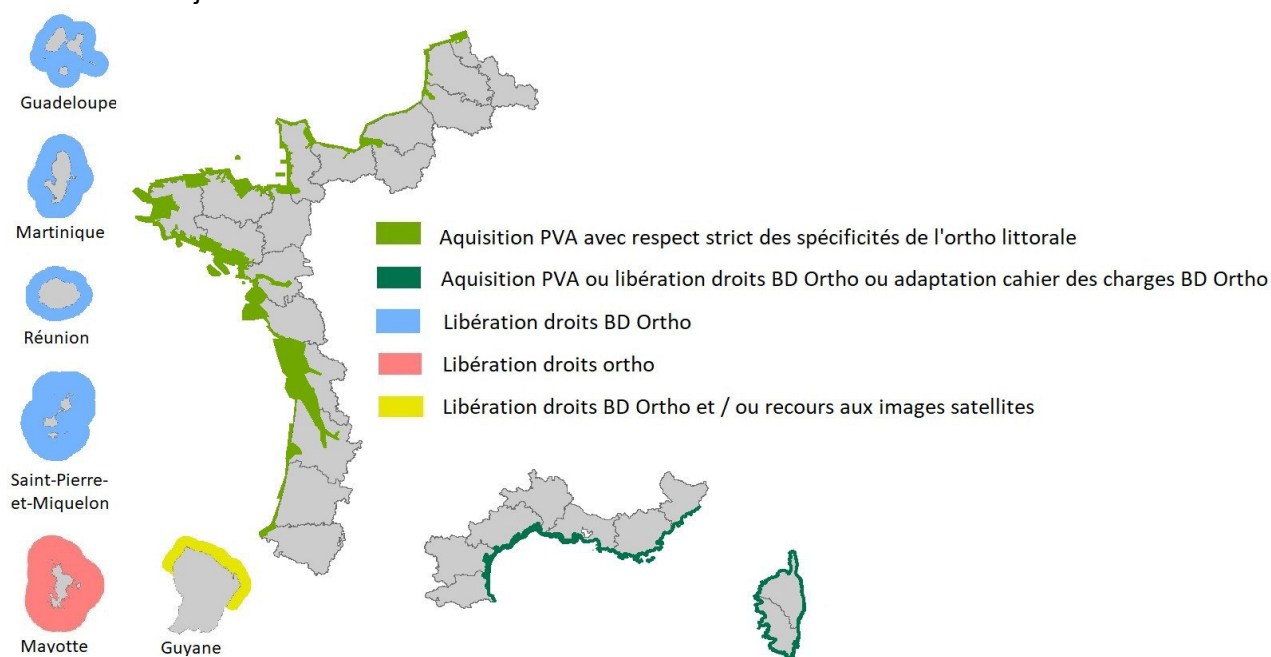
Type de prises de vues :

Pour la métropole :

- Acquisition par prises de vues aériennes pour respect strict de la hauteur d'eau et des unités spatiales
- Recours possible aux images satellites dans les banques d'images uniquement pour des mises à jour intermédiaires avec absence de contrainte sur la hauteur d'eau et de respect des unités spatiales.

Pour l'Outre-mer

- Recours à la BD Ortho de l'IGN en remplacement de l'ortho littorale à condition de disposer d la couverture sur le littoral et sur les lagons
- Recours possible aux images satellites dans les banques d'images en complément ou pour des mises à jour intermédiaires



Emprises à couvrir :

Pour la métropole :

	Surface de la V2	Surface V3 envisagée
Atlantique, Manche, mer du Nord	26430	31410
Méditerranée continentale	2320	4170
Corse	1050 (mais non volée)	1050
Total	29800	36630

Les extensions de surface entre la V2 et la V3 correspondent à des extensions en mer (+ 220 km²), à la remontée jusqu'à la limite de salure des eaux (+ 1 000km²) à la couverture des zones basses du littoral (+ 5 000km²).



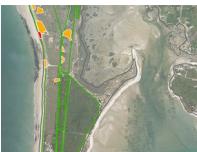
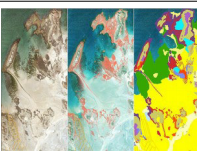



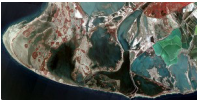
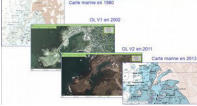
Pour l'Outre-mer : Guadeloupe, Martinique, Réunion, Guyane , Mayotte et Saint-Pierre-et-Miquelon sont concernés.

Sommaire

1. Exemples d'utilisations de l'Ortho littorale.....	6
2. Fréquences de mise à jour souhaitées.....	28
2.1 Fréquence souhaitée à 2 ans.....	30
2.2 Fréquence souhaitée à 5 ans.....	32
3. L'apport du satellite.....	33
3.1 Contexte réglementaire	33
3.2 Contexte pragmatique et thématique	40
3.3 Zones microtidales	43
3.4 Annexe: principaux satellites d'observation de la Terre	46
4. L'hyperspectral.....	49
5. Traitement du dévers, des ombres, et de la réflexion spéculaire	56
6. Emprise de l'Ortho littorale V3	59

1. Exemples d'utilisations de l'Ortho littorale

Que ce soit sur la frange littorale, en mer ou dans les estuaires, les utilisations de l'Ortho littorale sont nombreuses et variées. Elles concernent de nombreuses politiques publiques et domaines.

FICHES DESCRIPTIVES		Gestion intégrée du trait de côte	Biodiversité, Ressources naturelles	Gestion du DPM	Cultures marines	Prévention des pollutions	Patrimoine archéologique	Aménagement / Loi littoral	Directive Cadre sur l'Eau	Défense
	Mise en place de la surveillance hydromorphologique des masses d'eau littorales de la Directive Cadre sur l'Eau <i>BRGM</i>			X	X	X			X	
	Élaboration de l'indicateur national de l'érosion côtière <i>Cerema</i>	X								
	Suivi de l'état de conservation des dunes domaniales <i>ONF</i>	X								
	Cartographie des habitats marins côtiers <i>Ifremer</i>		X						X	
	Cartographie à très haute résolution de l'abondance des hermelles <i>EPHE, PSL Research University, CNRS LETG</i>		X	X	X					
	Suivi de l'extension des vasières et bancs de sable, ainsi que leur colonisation par la végétation <i>GIP Loire Estuaire</i>	X								
	Élaboration d'une méthode de délimitation des espaces potentiellement remarquables dans la Manche <i>Cerema</i>		X					X		
	Analyse synoptique cartographique de l'évolution de la zone des Anciens Salins <i>Tour du Valat</i>	X								
	Hydrographie, topographie, cartographie <i>Shom</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X



Structure

BRGM

Contact

Olivier Brivois

o. rivois@brgm.fr

Domaine/Politique publique concerné

Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Gestion du DPM

Cultures marines

Prévention des pollutions

Zone géographique

Façade Manche

Atlantique

Millésime utilisé

Ortho littorale V2 (2011)

Canal utilisé

RVB

Référentiels en compléments

- BD TOPO IGN tronçons "laisses"
- Trait de côte Histolitt v2 (SHOM, IGN)



Présence d'installations conchylicoles sur l'estran, à l'ouest de Grandcamp-Maisy (14)
© Ortho littorale V2

Contexte

Dans le cadre de la mise en place de la surveillance hydromorphologique des masses d'eau littorales DCE de la façade Manche Atlantique, plusieurs indicateurs ont été proposés afin d'évaluer la présence de différentes activités anthropiques au sein des masses d'eau.

Un des indicateurs vise à l'évaluation des surfaces cadastrales conchylicoles présentes à l'échelle de l'estran des masses d'eau.

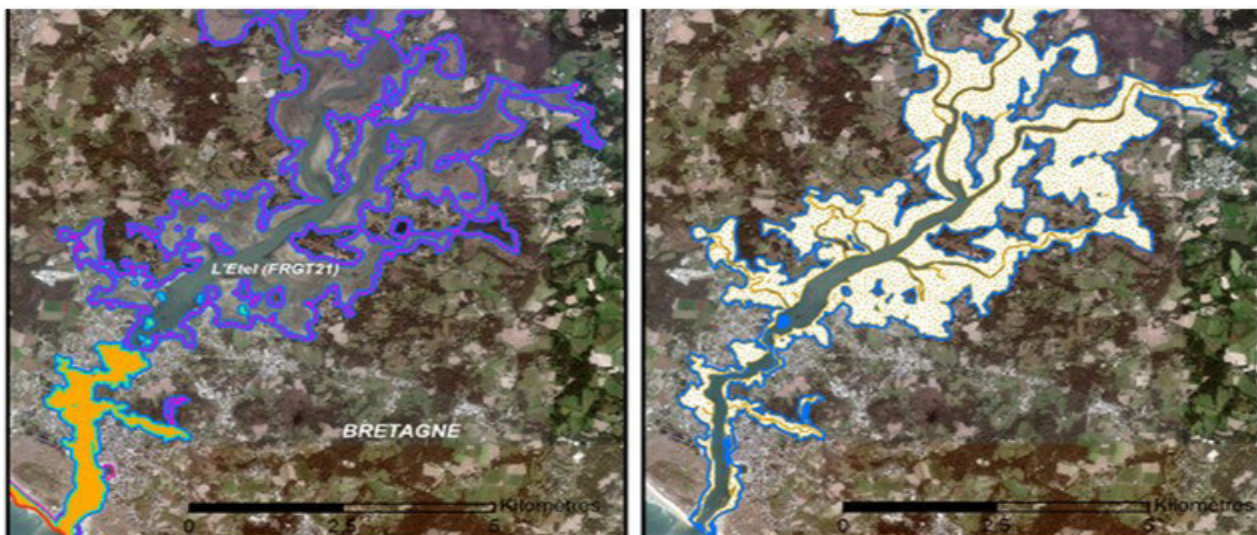
Description des utilisations

Afin de créer une couche SIG surfacique représentant l'estran des masses d'eau, les données de la BD TOPO IGN concernant les laisses des plus hautes et basses mers sont utilisées. Néanmoins, ces données s'avèrent incomplètes ou inexistantes dans certains estuaires (masses d'eau de transition DCE).


Ainsi, lorsqu'un de ces problèmes est identifié dans une masse d'eau de transition concernée par la présence de conchyliculture, une correction de la surface de l'estran est réalisée.

Pour ce faire, l'estran est digitalisé comme la surface située entre le trait de côte Hitolitt_v2 et la limite du lit mineur du cours d'eau traversant la masse d'eau. Cette limite est déterminée par interprétation de l'Ortho littorale v2 (à une échelle de travail comprise entre 1/3000 et 1/12000 suivant les zones).

Ces corrections sont illustrées sur la figure suivante pour deux masses d'eau de transition du bassin Loire-Bretagne:



Source : BD TOPO IGN, SHOM, Ortho Littorale V2, CORINE Land Cover
 CAO : Thomas GHIONE, BRGM, 2016

- | | |
|--|--|
|  Laisse des basses mers |  MET redéfinie par rapport au TCH |
|  Laises des hautes mers |  Estran avant correction |
|  TCH V2 |  Estran après correction |

L'Ortho littorale V2 est également utilisée pour compléter localement les données des cadastres conchylicoles qui peuvent présenter des manques.

L'Ortho littorale V2 sert aussi à identifier la présence de certains ouvrages côtiers, et parfois à évaluer leur emprise.

L'Ortho littorale est donc un outil essentiel pour vérifier et compléter certains jeux de données SIG, voire en créer de nouveaux par photo-interprétations.

L'Ortho littorale est également très utile en fond de carte pour créer des illustrations.

Atouts de l'Ortho littorale pour ces utilisations

- Résolution des images,
- prises de vue à marée basse par grand coefficient.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. Mise à jour régulière des images, au moins tous les 6 ans,
2. *Meilleure résolution des images: permettre d'identifier/mesurer plus précisément des jets de dimensions métriques).*



Structure

Cerema

Contact

François Hédou

Francois.HEDOU@cerema.fr



Positions du trait de côte (limite de végétation) en 1921 et en 2011 à Saint-Hilaire-de-Riez (85). © Traits de côte naturels récents et anciens – Cerema / Ministère en charge de l'environnement », 2015. Fond : © Ortho littorale V2 IRC.

Domaine/Politique publique concerné

Évolution du trait de côte

Zone géographique

Métropole et DOM

Millésime utilisé

Ortho littorale V2

Ortho littorale V1

Canaux utilisés

RVB et IRC

Référentiels en compléments

- Bd Ortho © IGN

- BD Ortho Historique © IGN

- Photothèque nationale © SHOM, Ifremer

Contexte

Afin de disposer d'un état des lieux de l'évolution du trait de côte sur l'ensemble du littoral français, la *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte* (SNGITC) a acté dans son programme d'actions la réalisation d'un **indicateur national de l'érosion côtière**.

Cet indicateur apporte une première quantification homogène de l'évolution du trait de côte sur l'ensemble des littoraux de métropole et des départements et régions d'outre-mer.

Description de l'utilisation

L'indicateur national de l'érosion côtière repose sur l'étude diachronique de la position du trait de côte observable sur des orthophotographies récentes et anciennes.

L'ortho littorale V2 a été largement utilisée par le Cerema comme support de digitalisation des traits de côte récents sur les 3 façades de métropole.

Les images IRC de l'ortho littorale V2 ont également apporté une aide précieuse dans la reconnaissance des limites de végétation souvent prises en compte comme marqueurs de position du trait de côte.

Ces marqueurs ont été définis de manière à être visibles sur fond d'orthophotographies. Par exemple, sur les côtes de la façade Manche, mer du Nord, il s'agit de la limite de la végétation pérenne côté mer pour les côtes basses ou rocheuses, et la limite de haut de falaise (côte à falaises).



L'ortho littorale V1 a aussi été observée dans ce projet afin de mieux comprendre l'évolution récente du trait de côte.

L'ortho littorale V1 et V2 ont enfin été exploitées pour identifier et dater la présence d'ouvrages et d'aménagements littoraux.

Les résultats de l'indicateur national de l'érosion côtière, ainsi que la cartographie des ouvrages et aménagements littoraux, sont consultables et téléchargeables sur le site internet Géolittoral, le portail de la mer et du littoral.

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

- Prise de vue à marée basse,
- Traitement particulier au niveau des falaises,
- Canaux RVB et IRC disponibles.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. Prise en compte de la Corse et des territoires d'outre-mer,
2. Amélioration de la résolution,
3. Complément avec une prise de vue oblique.



Office National des Forêts

Structure

Office national des Forêts

Domaine/Politique publique concerné

Risques Naturels

Évolution du trait de côte

Zone géographique

Façade Manche
Atlantique

Millésime utilisé

Ortho littorale V2

Ortho littorale V1

Canal utilisé

RVB

Référentiels en compléments

BD Carto



État de conservation de la dune domaniale de Quiberon-Plouharnel 2008

© Ortho littorale V1

Contexte

Le Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Forêt confie à l'ONF la Mission d'Intérêt Général de gestion des dunes domaniales et de contrôle de l'érosion éolienne, essentiellement sur la côte atlantique.

Dans le cadre de cette mission, il est prévu d'effectuer à un pas de temps de 5 ans un état des lieux de conservation des dunes, pour juger de la pertinence des travaux engagés. Cet état de conservation a déjà été réalisé en 2008 et en 2013, et doit être réactualisé en 2019.

Lors des deux campagnes précédentes, les relevés ont été réalisés à partir de relevés terrain réalisés par les agents gestionnaires. Ces relevés sont grandement facilités par l'utilisation de l'ortho littorale la plus récente, compte tenu des évolutions rapides du trait de côte.

Description de l'utilisation

Il s'agit de déterminer quelles sont les surfaces et les formes de dune qui ne sont pas végétalisées, suites à des évènements d'érosion éolienne : caoudeyre, siffle vent, passages...

1. Surface non végétalisée
2. Forme de la zone
3. Localisation dans le transect plage/forêt

Le repérage sur l'Ortho littorale apporte au gestionnaire un gain de temps considérable dans la description des 380 kilomètres linéaires de dunes gérés en métropole.

La représentation de l'état de conservation se fait ensuite selon une méthodologie associant taille de la zone non végétalisée/forme de cette zone/contexte proche.

La comparaison entre deux millésimes permet ensuite d'établir une cartographie de l'évolution des états de conservation et de dresser un plan d'action d'intervention.

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

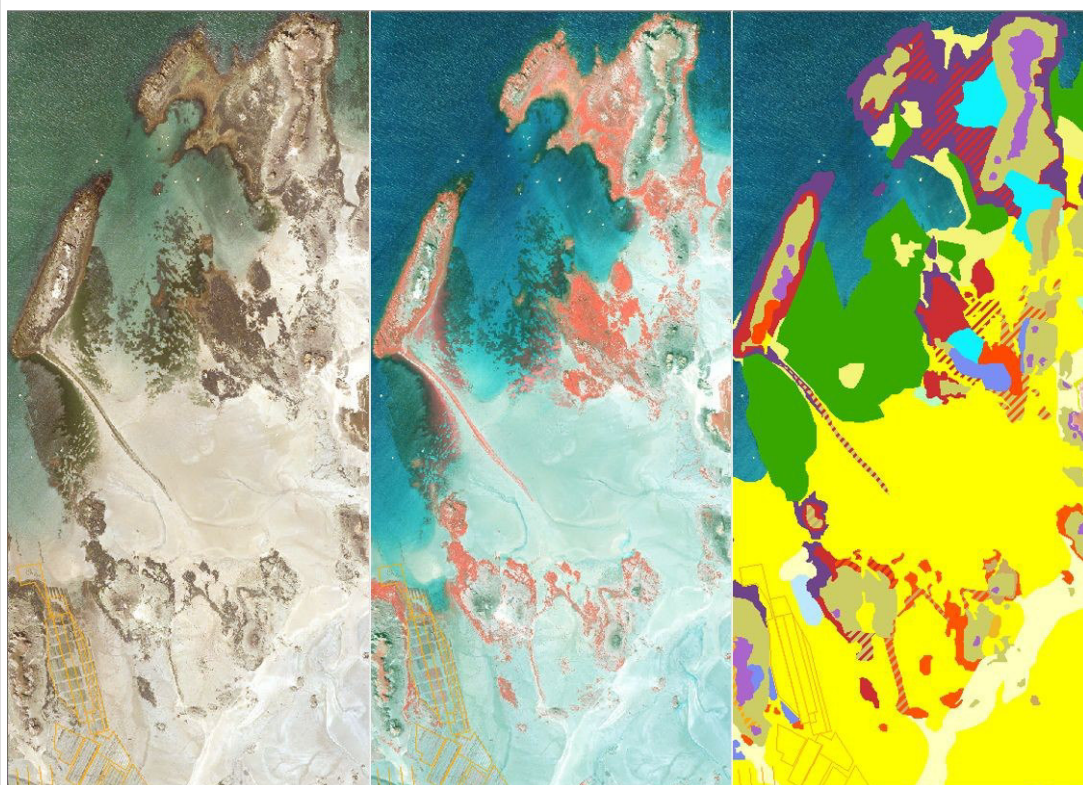
- résolution des images,
- disponibilité de la donnée cohérente sur une large étendue géographique.

Piste d'amélioration souhaitée

- Mise à jour régulière des images (5ans)

Ifremer

Structure
Ifremer



Élaboration de la cartographie des habitats benthiques (à droite) sur un secteur de l'archipel des Ebiens (22) à partir de l'Ortholittorale V2 comme support de référence en RVB (à gauche) et en IRC (au centre)

Domaine/Politique publique concerné

Directive Habitats-Natura 2000
Directive Cadre sur l'Eau (DCE)

Zone géographique

Façade Manche Atlantique

Millésime(s) utilisé(s)

© ORTHOLITTORALE 2000
© ORTHOLITTORALE V2

Canal(aux) utilisé(s)

RVB et IRC

Référentiel(s) en complément(s)

Données alti-bathymétriques de type LIDAR
Données géomorphologiques (SHOM)
Cadastre conchylicole (DDTM)

Contexte

La cartographie des habitats benthiques (faune et flore des fonds marins) en zone intertidale a pour objectifs de disposer de données de référence de l'état du milieu, de faire l'évaluation de la biodiversité et d'établir un suivi spatio-temporel d'indicateurs de qualité du milieu. Cette cartographie s'inscrit directement dans la perspective européenne du suivi de l'environnement, la directive "Habitats" (Natura 2000) et la directive cadre "Eau" (DCE).

Description de l'utilisation

Disponibles sur la totalité de la zone côtière métropolitaine, les orthophotographies littorales constituent un support essentiel pour la réalisation de la cartographie des habitats benthiques en zone intertidale.

Retenues comme référence géométrique pour la définition du RGL (Référentiel Géographique Littoral), ces photographies aériennes offrent une visualisation synoptique des zones à cartographier. L'utilisation de ces photographies couplée à des données topographiques, des données sédimentaires et autres données de référence s'avère être un outil privilégié. L'apport du proche-infrarouge (IRC) permet de distinguer la couverture végétale. En zone intertidale, les secteurs en rouge correspondent à la couverture algale ou à la présence d'herbiers (zostères). L'intensité de la teinte rouge peut aider à l'évaluation du taux de couverture. L'interprétation des orthophotographies par différents experts, biologistes et sédimentologues, permet d'identifier les principales structures présentes. Des campagnes sur le terrain valident cette interprétation et permettent d'aboutir à la cartographie des habitats benthiques.

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

Les orthophotographies littorales :

- répondent à des spécificités précises parfaitement adaptées aux objectifs de nos projets en zone intertidale (précision élevée de l'ordre de 50 cm ; axes de vols adaptés à l'orientation des côtes ; dates et heures des vols prédéfinies en fonction des conditions de marée (coefficient \approx 95 avec une hauteur d'eau \approx 1 m) ; acquisition sur une bande de 6 km de large afin d'assurer la couverture des estrans ainsi que des estuaires et abers jusqu'à la limite de salure des eaux),
- permettent une visualisation synoptique des zones à cartographier,
- constituent un référentiel géométrique : en terme géographique par le système de projection choisi et en terme thématique (trait de côte, limites structurantes d'habitats, ceintures de végétation,...),
- sont disponibles sur l'ensemble du littoral Manche-Atlantique,
- permettent l'enregistrement de l'état du milieu au moment de la prise de vue (état initial et suivi dans le temps),
- interviennent à différents niveaux de la chaîne de réalisation de la cartographie des habitats benthiques. En fonction des thématiques, l'analyse des orthophotographies s'effectuera selon des approches spécifiques,
- offrent la possibilité d'automatiser le traitement de l'image dans les secteurs sans discontinuités radiométriques,
- constituent un support pour la planification des campagnes de validation sur le terrain (couplée à l'utilisation des SIG et GPS) pour les aspects biologiques et sédimentaires,
- permettent l'intégration des informations dans un système d'information géographique (SIG) assurant ainsi :
 - la cohérence géographique des données,
 - une visualisation immédiate des données,
 - l'agrégation de données,
 - l'interrogation des données disponibles selon différentes perspectives.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. Qualité radiométrique : L'exploitation des orthophotographies littorales de manière automatique par application d'algorithmes de traitement d'images est parfois limitée par la présence de très fortes discontinuités radiométriques entre les clichés. Le traitement d'image automatique ne sera envisagé que sur des unités de travail homogènes sur lesquelles des masques pourront être placés afin d'extraire au préalable les entités à caractériser (comme par exemple dans le cas de la délimitation des herbiers et de leur densité).
2. Mise à jour régulière en tant que support de référence.

Cartographie à très haute résolution du plus grand récif littoral d'Europe (*Sabellaria alveolata*) via l'ortholittorale V2 et un réseau de neurones



Structure

EPHE, PSL Research University, CNRS LETG

Contact

Antoine Collin
antoine.collin@ephe.psl.eu

Domaines/Politiques publiques concernés

Biodiversité et
Ressources naturelles
Gestion du DPM
Cultures marines

Zone géographique

Manche/Atlantique

Millésime utilisé

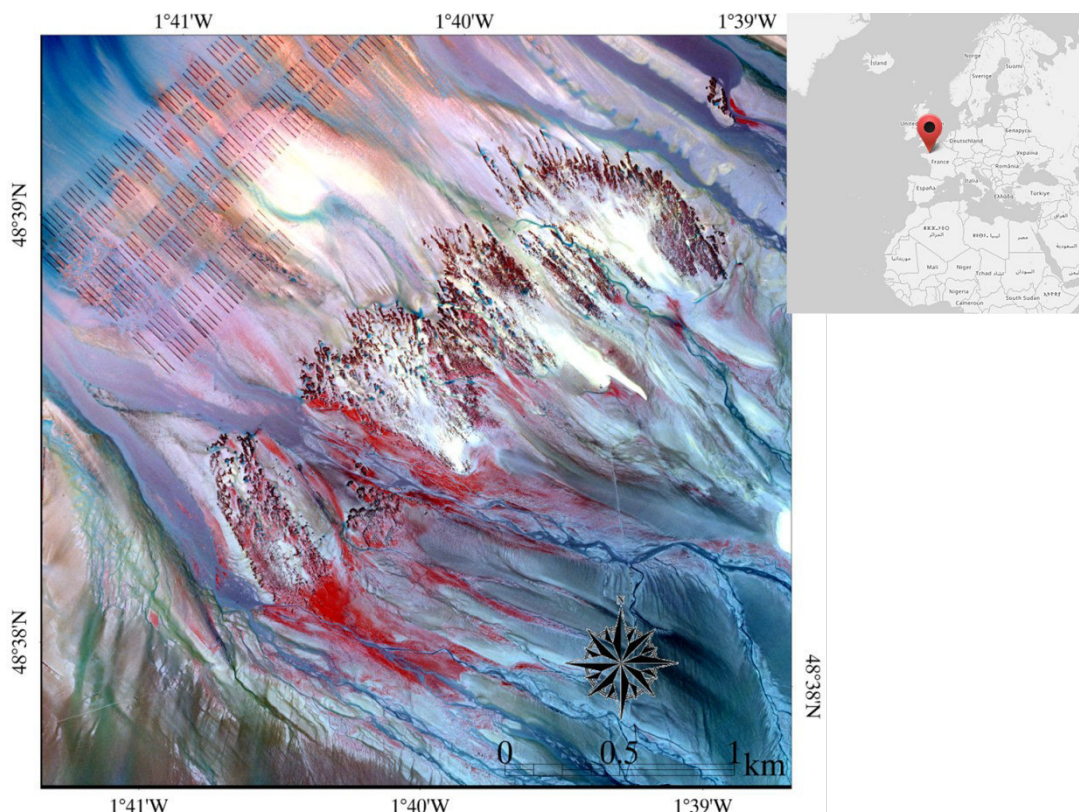
Ortho littorale V2 (2014)

Canaux utilisés

RVB + IRRV

Référentiel(s) en complément(s)

relevés photos terrain
MNT drone



Imagerie aérienne en composite (Proche InfraRouge-Rouge-Vert, IRRV, 6547 x 6566 pixels à 0.5 m de résolution) collectée le 10 septembre 2014 au-dessus du récif d'hermelles de Sainte-Anne dans la baie du Mont-Saint-Michel (35)
© Ortho littorale V2.

Contexte

Les récifs littoraux d'hermelles (*Sabellaria alveolata*) offrent un large éventail de services écosystémiques, tels que le support à la biodiversité, la protection côtière et les pratiques de pêche culturelle.

Le récif de Sainte-Anne, dans la baie du Mont-Saint-Michel (BMSM, France), constitue la plus grande bio-construction intertidale d'Europe, mais subit des pressions d'origines multiples:

- compétition pour l'espace et la nourriture (huître, moule et crépidule),
- sédimentation fine accrue par l'aquaculture intensive, piétinement par une pêche à pied non durable.

Les données aéroportées, multispectrales, à très haute résolution (THR), issues de l'Ortho littorale V2, permettraient des mesures écologiques fidèles et rapides des colonies récifales, à fort enjeu patrimonial (UNESCO, Natura 2000).

Description de l'utilisation

L'étude se déroule au-dessus des récifs de Sainte-Anne, au cœur de la BMSM, caractérisée par un marnage mégatidal (amplitude entre mer haute et basse en vive-eau) de 14 m. L'imagerie optique passive de l'Ortho littorale V2, constituée des bandes infrarouge, IR, rouge, R, verte, V, et bleue, B de 0.5 m de pixels, incarne la composante prédictive. Les photoquadrats au sol (0.5 x 0.5 m²) incarnent, quant à eux, la réponse à prédire, c'est-à-dire l'abondance des hermelles.

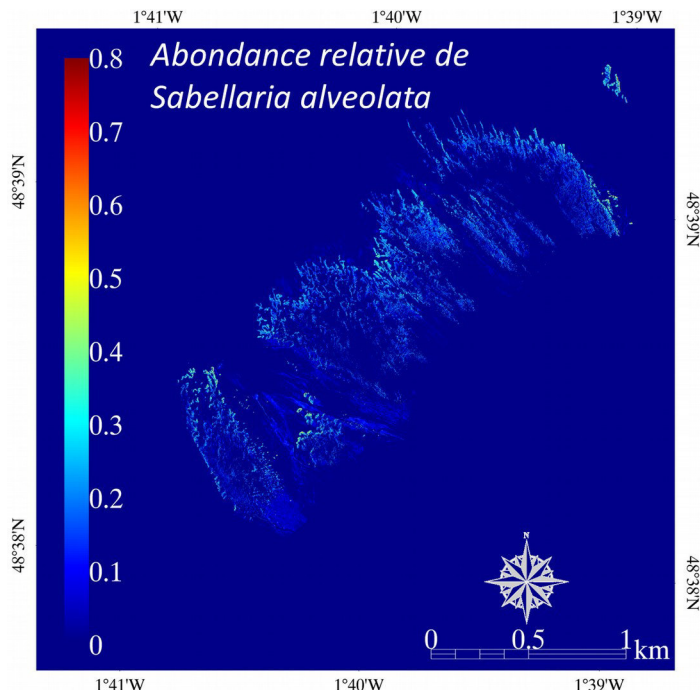
Le réseau de neurones est le modèle non-linéaire testé pour prédire cette réponse.

Deux questions méthodologiques sont soulevées:

- Quels sont les meilleurs prédicteurs spectraux?
- Quelle est l'optimisation de la complexité du modèle neuronal, représentée par le nombre de neurones?

Les résultats novateurs peuvent être résumés ainsi:

- (1) L'abondance des hermelles du récif de Sainte-Anne peut être entièrement étudiée via les capteurs RVB et / ou IRRV aéroportés lors de la marée basse ;
- (2) les bandes IRRV sont de meilleurs prédicteurs de l'abondance des hermelles que RVB ($R^2 = 0.71$ et 0.68 , respectivement) ;
- (3) le modèle basé sur le réseau de neurones est optimisé avec une couche intermédiaire pourvue de six neurones ($R^2 = 0.71$) ;
- (4) La meilleure prédiction de l'abondance des hermelles a été atteinte avec la combinaison spectrale IRRV et le modèle neuronal structuré avec six neurones ($R^2 = 0.72$, RMSE = 0.08, et $r = 0.85$).



Modèle numérique d'abondance relative des tubes d'hermelles (*Sabellaria alveolata*) dérivé du modèle de réseau de neurones construit à partir des bandes Proche InfraRouge-Rouge-Vert (IRRV, 6547 x 6566 pixels à 0.5 m de résolution) issues de l'Ortho littorale V2.

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

- Marée basse car le récif de Sainte-Anne est très souvent recouvert d'eau, donc très difficilement observable par les données satellites,
- Couverture spatiale car le récif de Sainte-Anne est très étendu (limitant le vol en drone aérien),
- Résolution spatiale (0.5 m) qui est appropriée à la taille des colonies d'hermelles.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. Ajout d'autres bandes spectrales, susceptibles de discriminer d'autres couverts intégrés au paysage récifal (hyperspectral ?),
2. Suivi temporel plus rapproché (5 ans ?).

Dans le cadre du DCSMM (Directive cadre Stratégie pour le milieu marin) il est prévu de transposer cette approche au niveau national.



Structure

GIP Loire Estuaire

Contact

Sylvain Cerisier

Domaine/Politique publique concerné

Observatoire environnemental
Gestion intégrée du trait de côte

Zone géographique

Estuaire de la Loire

Millésime utilisé

Ortho littorale V2 (2012)

Canaux utilisés

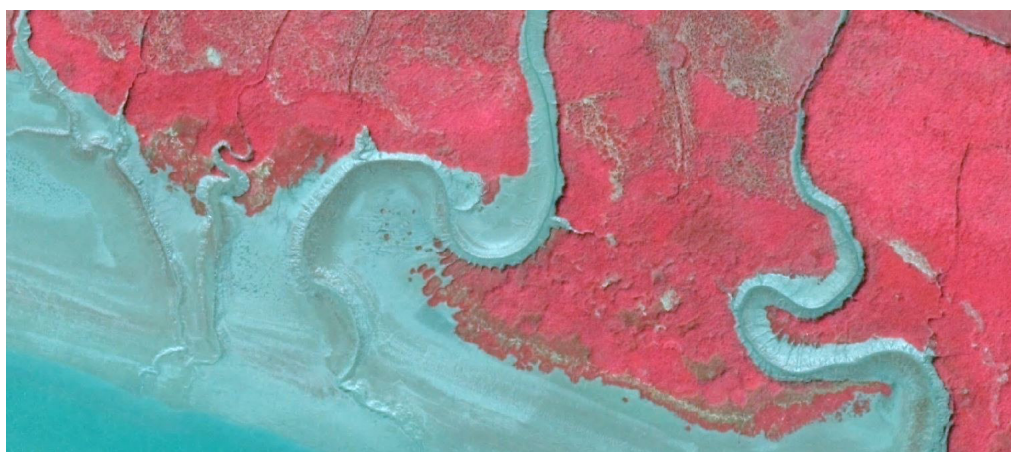
RVB et IRC

Référentiels en compléments

Autres orthophotographies,
Modèles numériques de terrain



© Ortho littorale V2



© Ortho littorale IRC V2

Contexte

Le Groupement d'Intérêt Public Loire Estuaire (GIPLÉ) assure une mission d'observation et de suivis environnementaux sur la Loire, et son estuaire.

Son rôle est d'acquérir, de structurer, et d'analyser les données et connaissances scientifiques sur le fonctionnement du fleuve et de l'estuaire.

Parallèlement, un programme pluriannuel d'actions vise le rééquilibrage morphologique du lit de la Loire et le bon fonctionnement écologique des milieux qui lui sont associés dans le cadre du « contrat pour la Loire et ses annexes, entre Montsoreau et Nantes ». Le GIP Loire Estuaire en assure l'évaluation, pour la composante hydromorphologique.

Description de l'utilisation

La photo-interprétation de l'Ortho littorale permet de cartographier l'extension des vasières et bancs de sable, ainsi que leur colonisation par la végétation.

Cette cartographie est ensuite comparée à d'autres orthophotographies ou référentiels topobathymétriques acquis dans les mêmes conditions hydrologiques (basse mer de vives eaux / étiage). La mesure des évolutions permet de distinguer des tendances à moyen terme qui donne des indications sur l'état du fleuve et de l'estuaire : chenalisation – végétalisation - continentalisation ou au contraire méandrement, dynamique sédimentaire.



Bras de Cui-de-Boeuf

Exemple d'exploitation

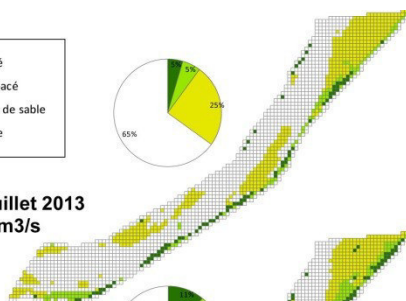
en m2		2013			
		boisé	herbacé	banc de sable	autre
2008	boisé	47500	38750	20625	25000
	herbacé	625	21875	28125	3750
	banc de sable	1250	0	211250	240625
	autre	5625	5625	40625	515625

en m2		2008			
		boisé	herbacé	banc de sable	autre
2002	boisé	65625	6250	0	6875
	herbacé	15000	36250	1250	4375
	banc de sable	23750	10625	390625	141250
	autre	27500	1250	61250	415000

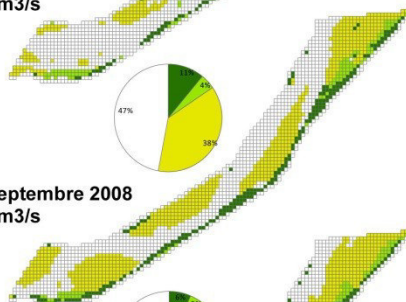
en %		2013			
		boisé	herbacé	banc de sable	autre
2002	boisé	48	36	2	13
	herbacé	2	48	40	10
	banc de sable	1	1	38	60
	autre	2	1	12	85



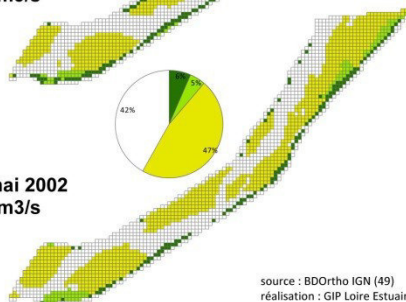
14 juillet 2013
373 m3/s



21 septembre 2008
356 m3/s



31 mai 2002
500 m3/s



source : BDOrtho IGN (49)
réalisation : GIP Loire Estuaire

La multiplication de ces états du milieu doit permettre de déterminer des trajectoires hydromorphologique et environnementales, et de mesurer l'effet des travaux qui sont entrepris dans le cadre du « contrat pour la Loire et ses annexes, entre Montsoreau et Nantes ».

Ces éléments sont complémentaires de calculs faits sur les seuls référentiels topobathymétriques acquis par ailleurs et qui permettent de mesurer les phases de dépôt / érosion. Le travail de comparaison entre la cartographie issue de l'ortho littorale 2012 et la cartographie issue de la campagne LIDAR et orthophotographies réalisées dans les conditions hydrologiques similaires est prévu pour 2018.

Entre Nantes et Saint-Nazaire, un suivi des vasières et de la limite de végétation est également engagé et s'appuie sur ce type de référentiels.

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

- Conditions de prise de vue en basse mer de vives eaux (estrans et vasières de l'estuaire bien dégagées),
- Conditions de prise de vue en période d'étiage du fleuve Loire (estrans, vasières et grèves bien dégagées),
- Qualité radiométrique, précision et résolution très bonnes.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. Périmètre estuarien incomplet (la limite amont de la marée dynamique est située à 23 km en amont de la tuile la plus amont de l'ortho littorale),
2. Les fichiers IRC sont une composition colorée qui ne permet pas de retrouver les canaux bruts de l'acquisition ; le traitement d'image est impossible ...



Structure

Cerema

Contact

Muriel Sauvé

muriel.sauve@cerema.fr

Domaine/Politique publique concerné

Aménagement
Loi littoral

Zone géographique

Département de la
Manche

Millésime utilisé

Ortho littorale V2

Canaux utilisés

RVB et IRC

Référentiels en compléments

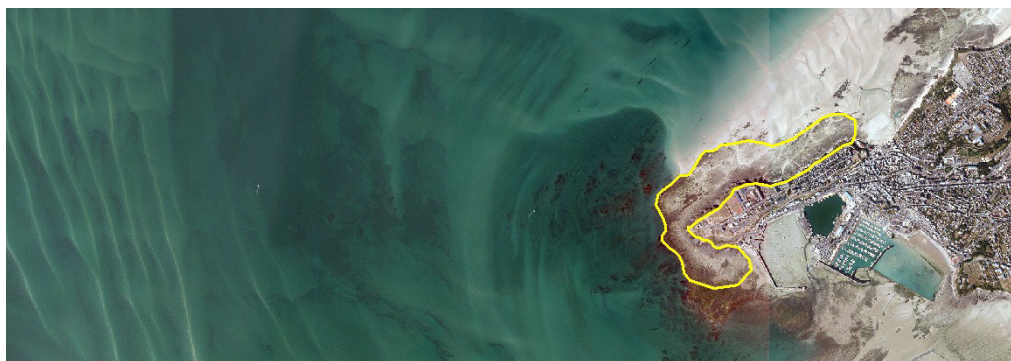
BDTopo IGN



estran (havre de Lessay) - © Ortho littorale IRC V2



îlots inhabités (îles Chausey) - © Ortho littorale V2



parties naturelles des caps (Cap Lihou à Granville) - © Ortho littorale V2

Contexte

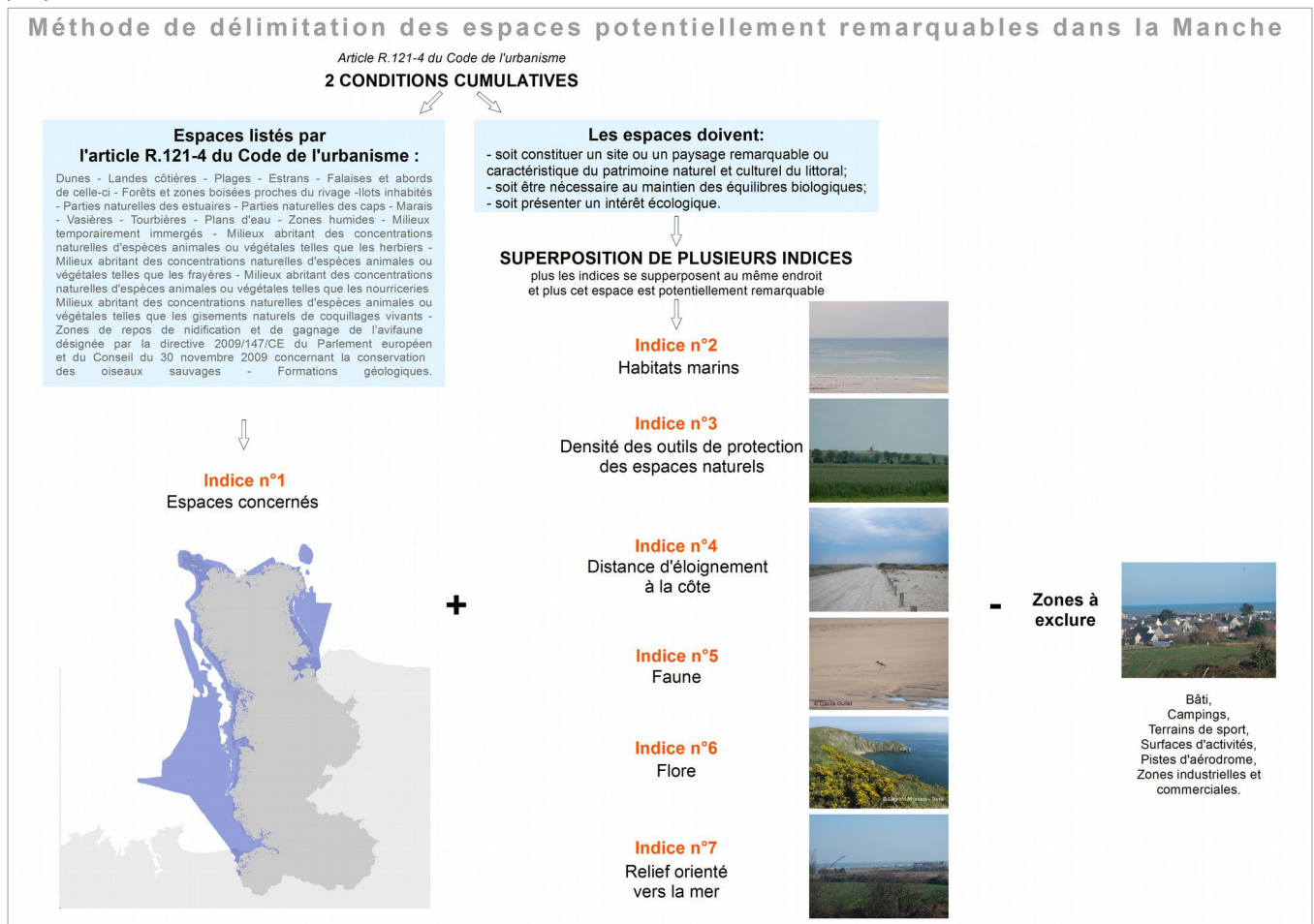
Le département de la Manche avec ses 570 km de littoral dispose de nombreux sites naturels souvent très fragiles. La règle de préservation des espaces littoraux remarquables constitue un des dispositifs de la Loi littoral. Dans ce cadre, la DDTM de la Manche a sollicité le Cerema afin de réaliser une étude et de proposer un **outil d'aide cartographique** pour faciliter l'identification des espaces potentiellement remarquables dans le département, et ainsi les protéger davantage face aux fortes pressions liées aux activités humaines.

Les règles fixées aux articles L.121-23 et suivants du Code de l'urbanisme, complétées de la partie réglementaire du même code, posent un principe de préservation des espaces littoraux remarquables et ce, sur "*l'ensemble des espaces terrestres et marins des communes littorales*".

Description de l'utilisation

La proposition de méthode repose sur différents indices qui cumulés permettent de tendre vers une identification plus facile de des espaces potentiellement remarquables.

proposition de méthode:



La collecte des données relatives aux espaces listés par l'article R.121-4 du Code de l'urbanisme (1ère condition pour qu'un espace soit remarquable) a été réalisée à partir de différentes sources.

Cependant, certaines données inexistantes ont été produites par photo-interprétation de l'Ortho littorale V2. Les prises de vue à grande marée basse ont facilité la visualisation de certains espaces comme:

les estrans, les îlots inhabités, les parties naturelles des caps ...

La couche "estran" a été réalisée par le Cerema dans le cadre de l'étude Polmar (pollution maritime).

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

- Conditions de prise de vue à grande marée basse (estran, caps et îlots bien dégagés),
- Canal IRC disponible (facilite la digitalisation des estrans par exemple).

Pistes d'améliorations souhaitées

1. Fréquence de mise à jour,
2. Visibilité sous-marine.

Analyse synoptique cartographique de l'évolution de la zone des Anciens Salins (Étangs et Marais des Salins de Camargue - Conservatoire du Littoral)



Structure

Tour du Valat
Institut de recherche pour
la conservation des zones
humides méditerranéennes

Contact

Loïc Willm
willm@tourduvalat.org

Domaine/Politique publique concerné

Trait de côte
Zones humides
Changements climatiques
Élévation du niveau marin

Zone géographique

Camargue

Millésime utilisé

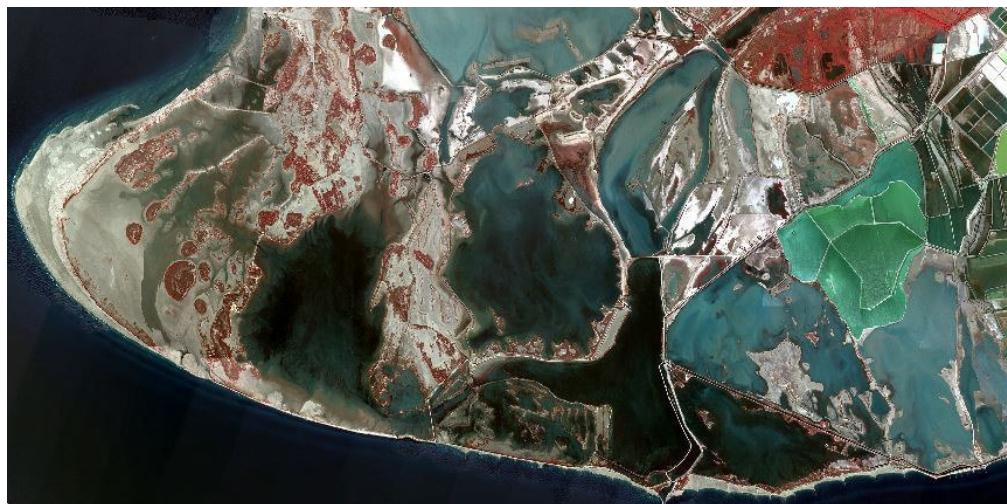
Ortho littorale V2 (2011)

Canaux utilisés

RVB et IRC pour détecter
la végétation

Référentiels en compléments

Images aériennes
historiques:
- IGN remonterletemps.fr
- BD ortho les plus récente
- images satellites, de
résolution moyenne (Landsat,
Sentinel2) à élevée
(Worldview)



Étangs et Marais des salins de Camargue - © Ortho littorale IRC V2



Détection de la végétation - © Ortho littorale IRC V2

Contexte

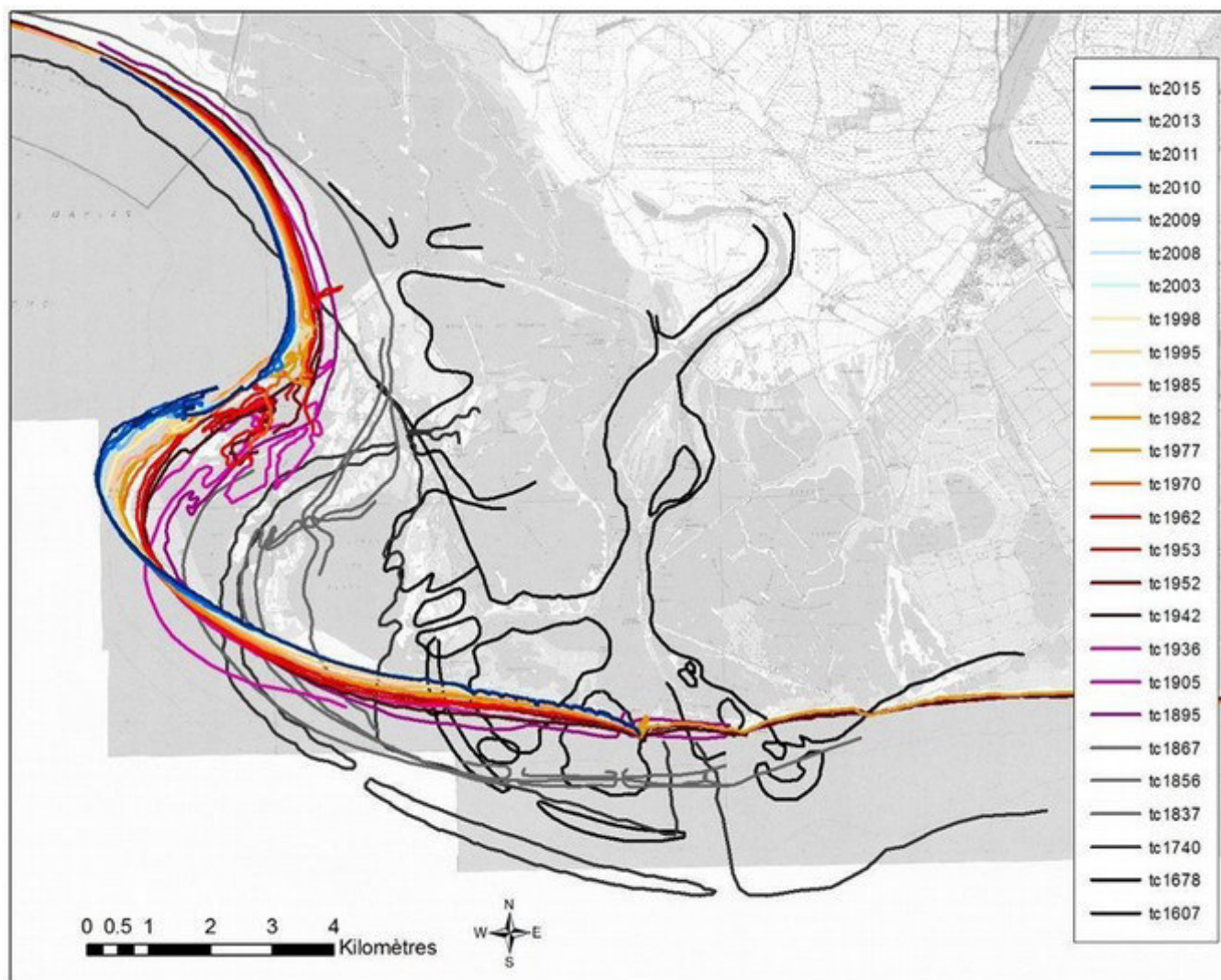
Le site a été acquis par le Conservatoire du littoral en différents actes de vente entre 2008 et 2014, totalisant actuellement 6585 ha.

Ce site est soumis à une dynamique littorale (érosion, accrétion) importante et à des changements majeurs de gestion depuis l'abandon de l'activité salinière car:

- plus de mise en eau artificielle au sud de la digue à la mer; retour à un régime hydrologique naturel,
- plus d'entretien des digues entourant et/ou traversant la propriété du CdL (et notamment de la digue de front de mer où se multiplient les brèches permettant une connexion plus ou moins continue avec la mer),
- reconnexions volontaires intra-site (entre anciens partènements) et extra-site (avec le Vaccarès) des anciens "casiers" créés pour l'exploitation salinière.

Description de l'utilisation

Les traits de côte et autres éléments du paysage ont été numérisés à partir des cartes d'archive (Arnoul 1678, Cassini 1740, Etat Major 1856, etc....) et depuis 1936 à partir de photographies aériennes issues de l'IGN (géoportail.fr, BDOrtho via CRIGE PACA) ou du MTES (Ortho Littorale V2 de 2011). Trois images satellites WorldView 2 acquises par la Tour du Valat ont été également utilisées pour des dates récentes (2010, 2013, 2015).



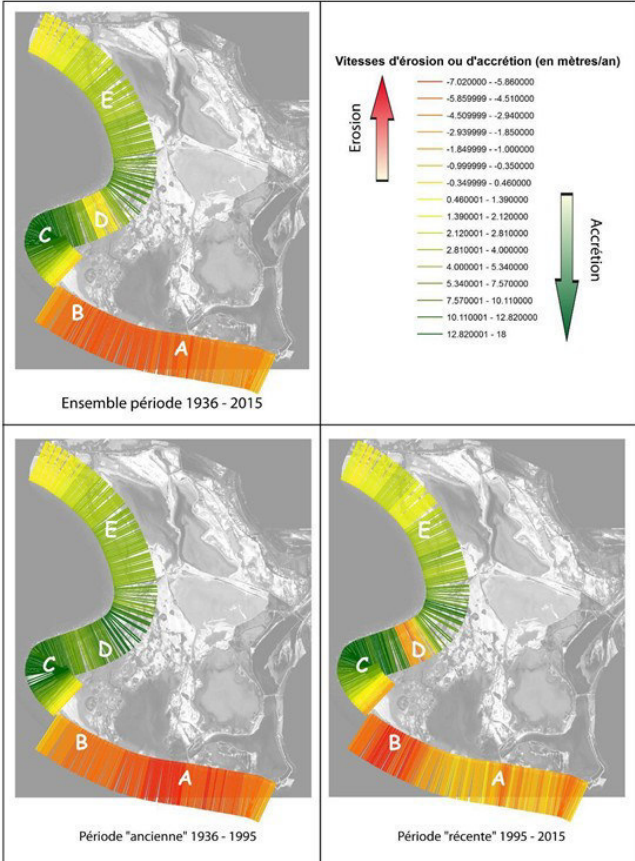
Aperçu de l'ensemble des traits de côte numérisés, de 1607 à 2015 (fond: Scan 25 IGN)

DSAS 4.0 (Himmeltoss 2009), un module compatible avec ArcGIS 10 a été utilisé sur la période couverte par l'imagerie aérienne (1936-2015). Cet outil permet d'analyser l'évolution passée du littoral.

Il calcule statistiquement des taux d'évolution à partir de différents traits de côte.

A partir de fichiers de traits de côte projetés dans le même système géographique, une ligne de base générale, le logiciel DSAS génère des transects perpendiculaires aux linéaires côtiers de longueur et d'espacement définis par l'utilisateur.

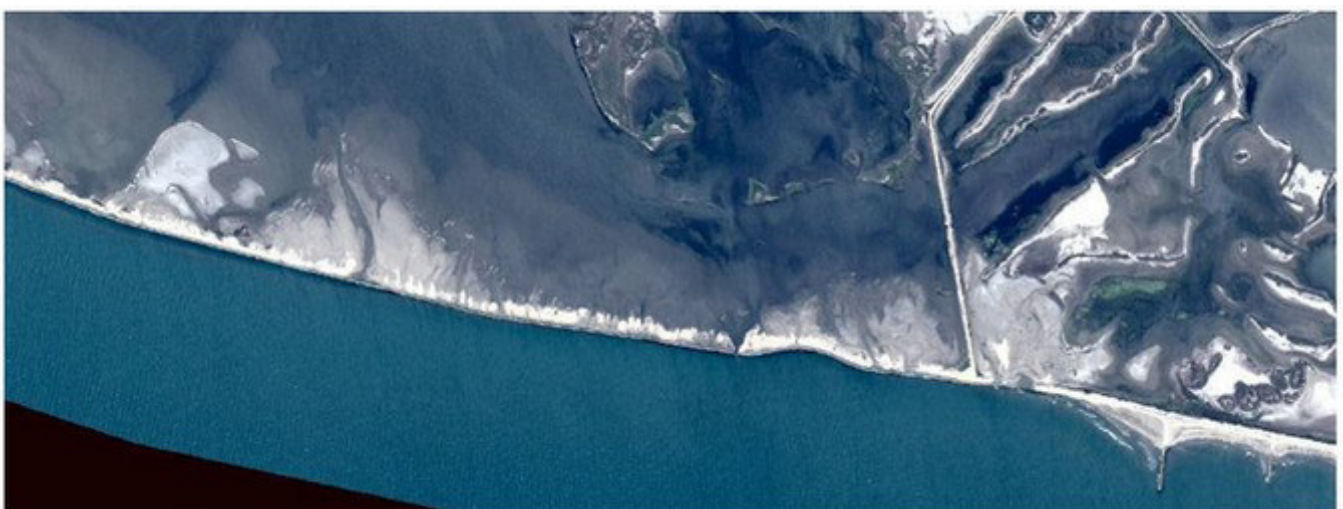
Le calcul d'évolution du trait de côte a été évalué le long de transects longs de 1500 mètres et espacés de 50 mètres (400 transects en tout).



Vitesses d'érosion ou d'accrétion calculées par DSAS 4.0 sur 3 gammes temporelles (ensemble période 1936-2015, une période "ancienne" de 1936 à 1995 et une période "récente" des 20 dernières années) - (fond: panchromatique WorldView 2 - septembre 2015)

Évolution des arcs de dépôts sableux successifs sur la Pointe de Beauduc

On observe que les dépôts successifs s'orientent de plus en plus d'un axe Sud-Nord vers un axe Sud-Ouest-Nord-Ouest au fur et à mesure du temps. Il semblerait que la présence physique artificielle de la digue de front de mer ait déporté vers l'Ouest les dépôts post-digue : translation de 500 à 1000 mètres vers l'Ouest, mais sans changement de l'orientation des arcs, toujours de plus en plus orientés vers l'intérieur du golfe de Beauduc.



Aperçu des complements sableux sur l'Est de l'étang de Beauduc, l'Ouest de l'étang de Sainte-Anne (image WorldView 2 - septembre 2015)

La construction des digues a bloqué le mécanisme naturel de réajustement du profil de plage qui permet au prisme sédimentaire de reculer et de s'élever en comblant progressivement les étangs.

Depuis la fin de l'entretien de la digue de front de mer, les phénomènes naturels extrêmes

exercer une sorte de rééquilibrage. Le déséquilibre créé par cette digue contraint maintenant le prisme sédimentaire du lido à se réadapter. Les dépôts d'overwash sont une des manifestations géomorphologiques de ce déséquilibre et de la recherche du système à se réadapter aux forçages. Ces arrivées massives de sable pourraient traduire les prémices de la reconstitution d'un futur lido sableux bien en recul de l'ancienne digue frontale.

La déconstruction de la barrière artificielle constituée par la digue de front de mer pourrait en fait révéler la reconstruction d'une barrière naturelle à l'arrière, un lido. Si l'overwash a été souvent considéré comme un phénomène destructif car il charrie du sable issu de la plage, il est en réalité un processus constructif qui permet au cordon littoral de persister (tout en reculant vers l'intérieur des lagunes).

D'après Sabatier et al. 2008, les techniques de protection futures qui chercheraient à ralentir le recul du rivage devraient même intégrer le comportement "type" des lidos et autoriser les dépôts d'overwash pour permettre une translation du cordon littoral sans augmenter artificiellement l'érosion.

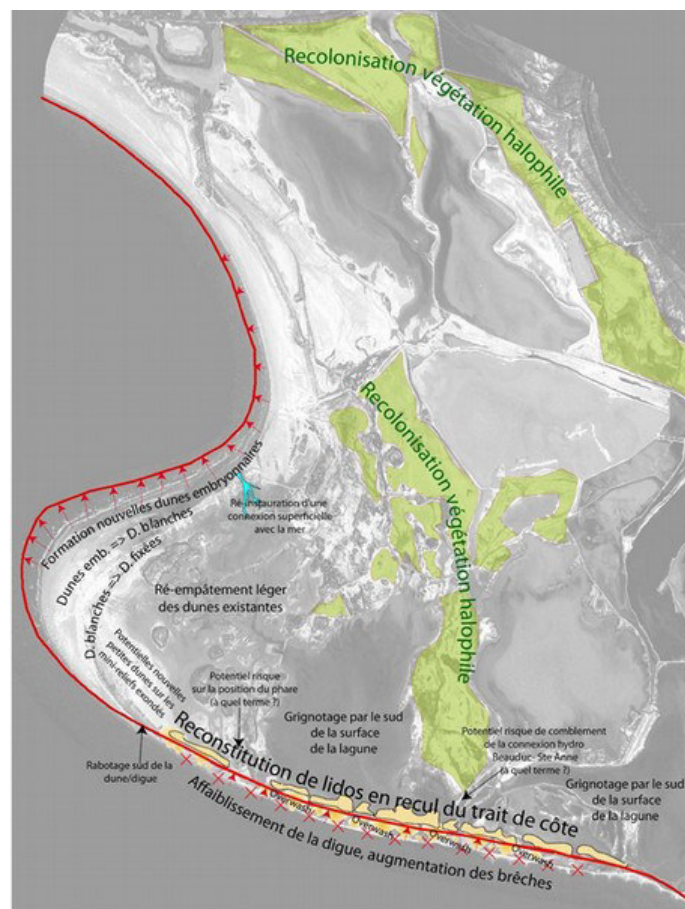


Schéma hypothétique de l'évolution du site (fond: panchromatique WorldView 2 - septembre 2015)

Atouts de l'Ortho littorale pour cette utilisation

- bonne résolution,
- IRC pour détecter la végétation.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. **la fréquence,**
(1 image par an) ⇒ dans un contexte de changements climatiques, de l'élévation du niveau marin, du recul du trait de côte, des inondations, etc...
2. **l'étendue.**
Plutôt que couvrir sur X kilomètres à partir de la côte, prendre en compte le niveau NGF jusqu'à une certaine altitude à déterminer (1 m ? 2 m ?) *Les changements climatiques vont impacter l'ensemble des zones basses (comme par exemple la Camargue), pas seulement les X kilomètres à partir de la côte. Des zones comme la Camargue devraient être totalement couvertes, par seulement les X km côtiers.*



L'océan en référence

Structure
Shom

Contact
Didier Bénéteau
didier.beneteau@shom.fr

Domaine/Politique publique concerné

Cartographie marine grand public et opérationnelle

Soutien à la Défense

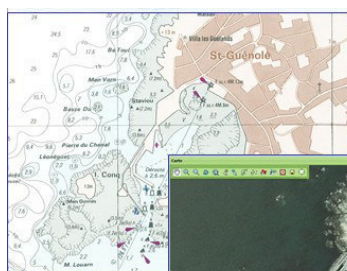
Soutien aux politiques publiques maritimes et du littoral

Zone géographique
métropole

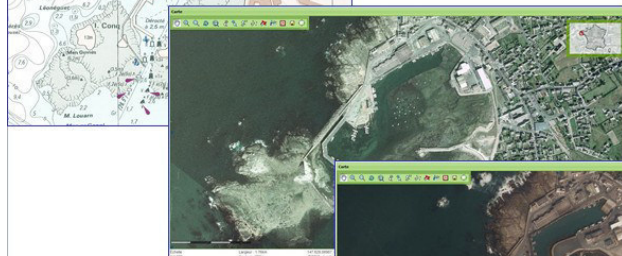
Millésime(s) utilisé(s)
Ortho littorale V2
Ortho littorale V1

Canal(aux) utilisé(s)
RVB (90%)
IRC (10 %)

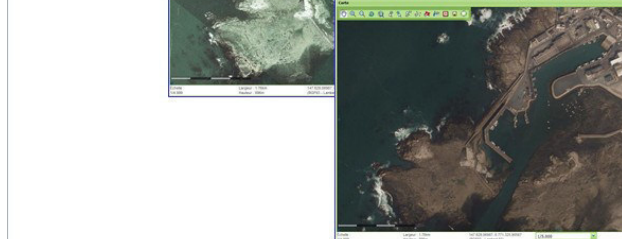
Référentiel(s) en complément(s)
BDOrtho
imagerie en ligne
(métropoles, sphères, ...)



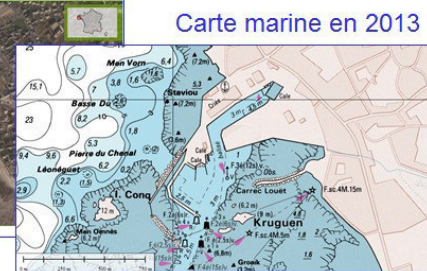
Carte marine en 1980



OL V1 en 2002



OL V2 en 2011



Carte marine en 2013

Contexte

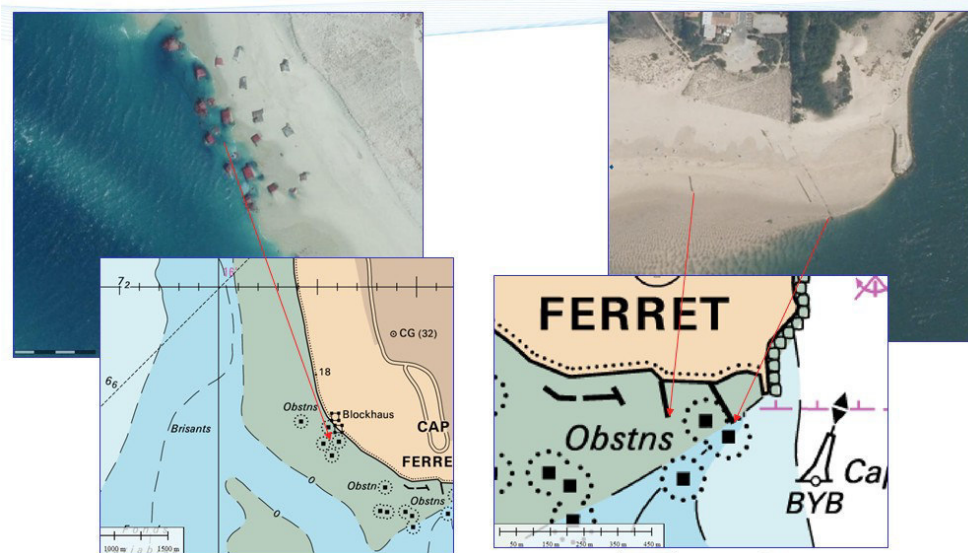
Le Shom, Service hydrographique national est depuis 2007 un EPA qui a pour vocation de garantir la qualité et la disponibilité de l'information décrivant l'environnement physique maritime, côtier et océanique.

Description des utilisations

L'Ortho littorale est utilisée dans le cadre de plusieurs missions.

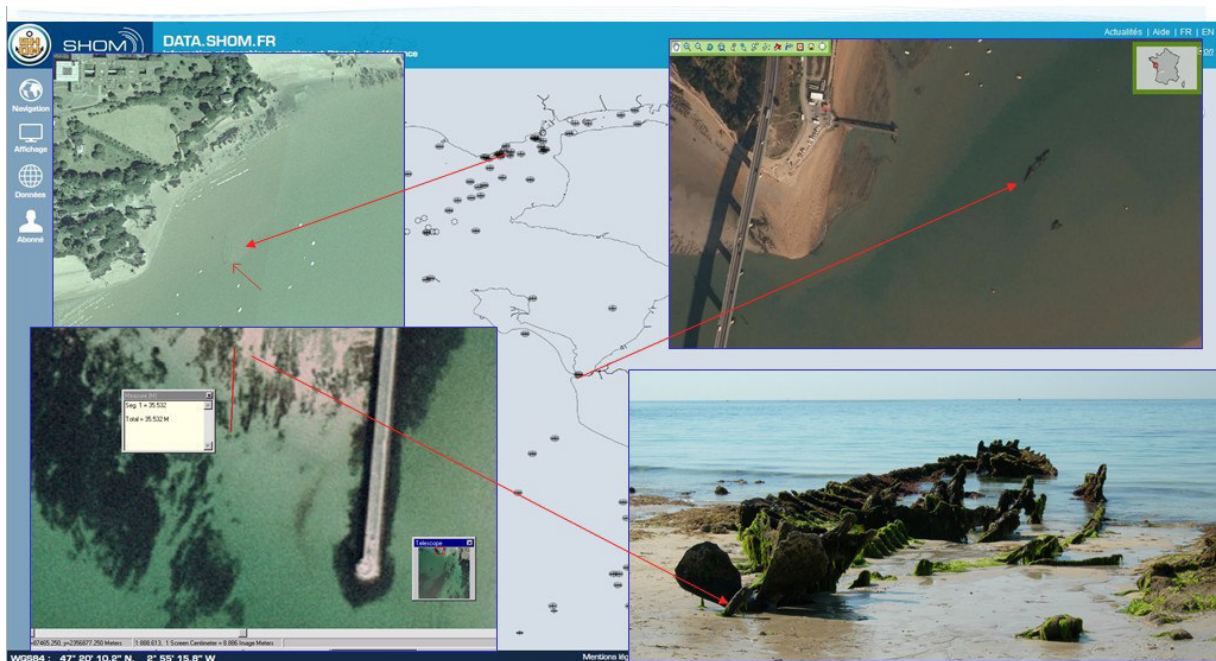
Mise à jour et fiabilisation des base de données: détection, mesures d'obstructions, d'émissaires

Les Ortho littorales V1 et V2 permettent de retrouver (désensablement), d'identifier et de cartographier des éléments très proches de la PBMA (niveau des plus basses mer), dangereux pour la navigation.



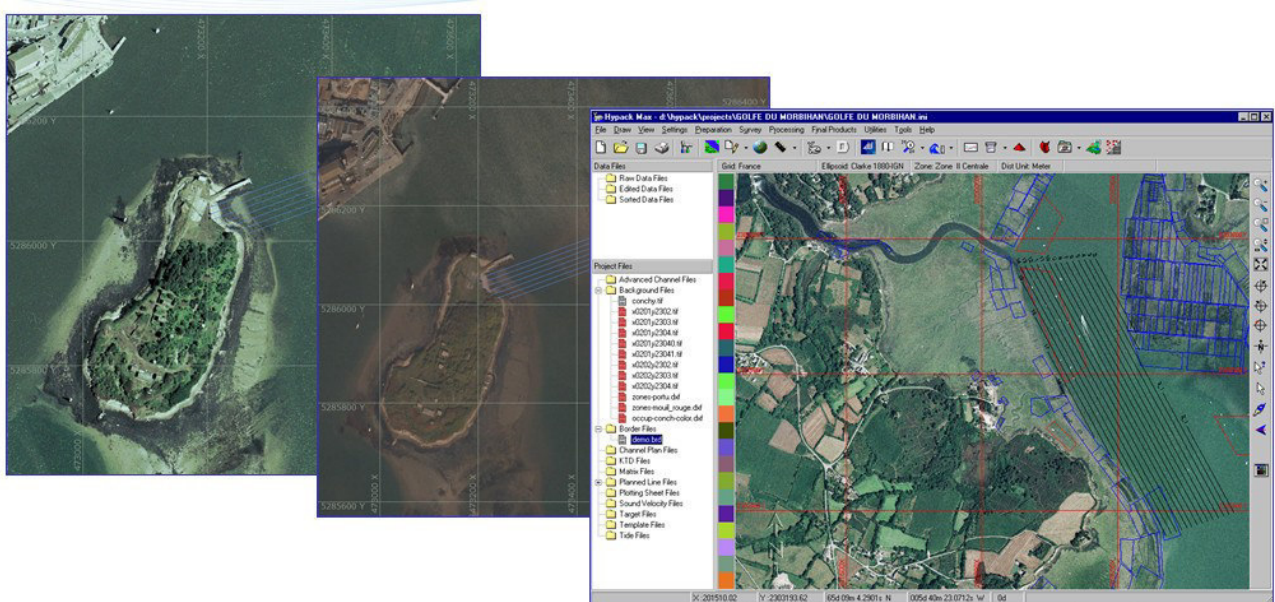
Mise à jour et fiabilisation des bases de données: épaves affleurantes

Les Orthos littorales V1 et V2 permettent de repérer des structures (épaves affleurantes), les repositionner, les mesurer et parfois d'en découvrir de nouvelles.



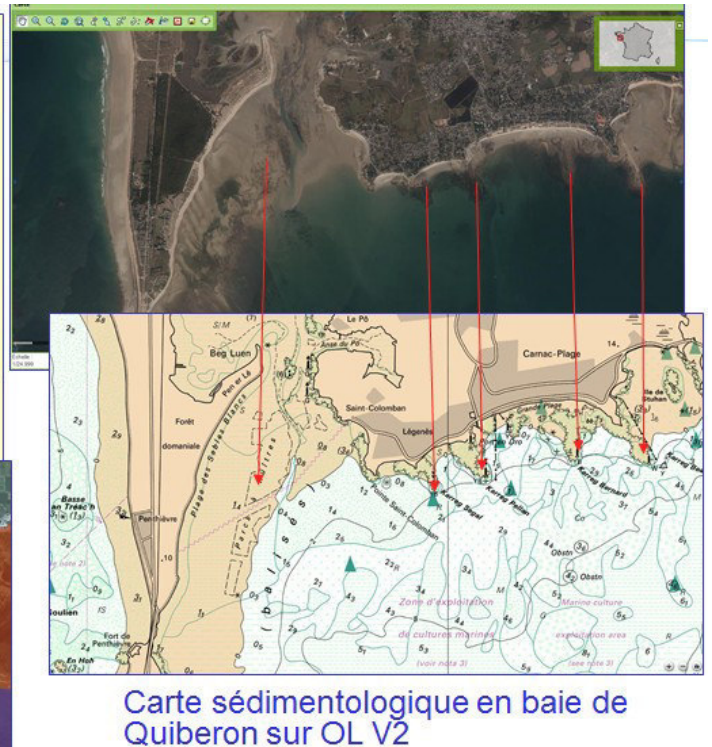
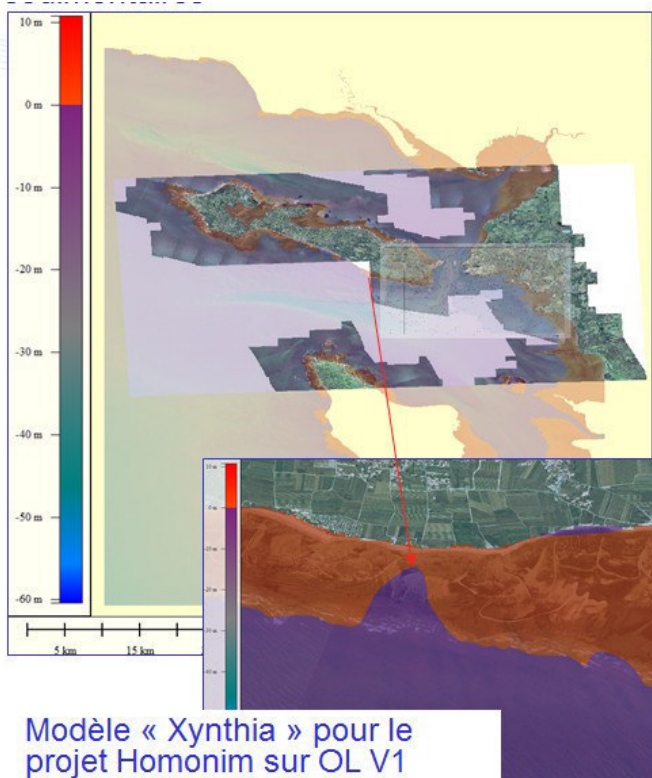
Utilisation par les hydrographes en préparation de levés côtiers

L'Ortho littorale V2 permet de projeter les « rails théoriques de sondage » (profils bathymétriques), de façon à éviter les zones « encombrées » (roches, pieux, tables ostréicoles, ..) à marée haute.



Préparation de profils de sondage sur OL2000 et OL V2 (logiciel Hypack)

Sur l'estran, validation des modèles bathymétriques THR et des structures sédimentaires pour la cartographie spécifique



Atouts de l'Ortho littorale pour ces utilisations

- PVA à grande marée basse,
- clichés horodatés,
- fichiers nadirs et mosaïcages disponibles en géomatique,
- gratuité,
- téléchargeable,
- disponibilité en flux.

Pistes d'améliorations souhaitées

1. passer la résolution de 50 à 25 cm,
2. disponibilité en Corse et dans les DOM,
3. pas d'ombre sur le Trait de Côte,
4. trop de dévers par endroits (revoir choix focale et/ou hauteur de vol),
5. fusionner les nadirs avec les polygones de mosaïcages,
6. PVA IRC ou thermique au moment de l'une des deux marées hautes encadrantes.

2. Fréquences de mise à jour souhaitées

A RETENIR

L'analyse générale de l'enquête et ce focus particulier sur la fréquence de mise à jour souhaitée par les utilisateurs montrent que **la mise à jour actuelle environ tous les 10 ans ne convient pas à tous les besoins.**

La plupart des usages et des missions ont **besoin d'un rythme plus rapproché** du fait de la grande mobilité de cet espace littoral. Ce peut être pour la gestion du cadastre aquacole, mais aussi pour la gestion du trait de côte ou encore la cartographie de l'estran. Il ressort de ce point spécifique :

- **Mise à jour tous les 2 ans : de l'ordre de 800km sur des secteurs à enjeux.**
- **Mise à jour tous les 5 ans : l'ensemble de la zone de couverture de l'ortho littorale**

Mais avec de telles fréquences, il serait **nécessaire d'optimiser le temps entre la rédaction du cahier des charges et la fourniture des orthophotographies.** Ainsi pour l'ortho littorale V2, une durée de 5 ans s'est écoulée sur certains secteurs entre la rédaction du cahier des charges et la réalisation du produit.

RECOMMANDATIONS

Mise à jour tous les 5 ans: en fonction des possibilités techniques et financières, privilégier un rythme de 5 ans pour des mises à jour de l'ortho littorale sur l'ensemble de la zone couverte avec une maîtrise d'ouvrage assurée par le ministère en charge de l'Environnement

Mise à jour tous les 2 ans: inciter les acteurs locaux à prendre en charge ces mises à jours sur des secteurs plus petits en contribuant par exemple par un apport financier.

L'analyse se base sur les deux questions suivantes :

- Pour une mise à jour plus fréquente, s'il fallait prioriser des secteurs à produire, quels seraient les critères permettant de les définir ?
 - Enjeux liés aux politiques publiques ;
 - Évolution du trait de côte ;
 - Sensibilité aux pollutions ;
 - Problématique de l'envasement.
- Et pour ces secteurs, quelle serait la fréquence de mise à jour la plus adaptée selon vous ?
 - 2 ans ;
 - 5 ans ;
 - 7 ans.

L'analyse repose sur les réponses qui concernent les critères prioritaires choisis comme les plus importants par les participants (ordre de préférence 1) et leur choix de fréquence de mise à jour la plus adaptée.

Pour chaque critère prioritaire, on distingue les participants qui souhaitent une fréquence de mise à jour de 2 ans, de 5 ans ou de 7 ans, et pour chaque catégorie les zones géographiques sur lesquelles ils travaillent ainsi que les exemples d'utilisations qu'ils ont indiqués.

Le tableau récapitulatif montre que les participants souhaitent soit une mise à jour de 2 ans, soit une mise à jour de 5 ans. Aucun participant n'a indiqué qu'une mise à jour de 7 ans était suffisante, et donc a fortiori une mise à jour de 10 ans comme actuellement.

Tableau récapitulatif des secteurs à produire en priorité pour une mise à jour plus fréquente:

Critères prioritaires (ordre de préférence 1)	total nombre de fois cités	fréquence souhaitée	nombre de fois cités	zones géographiques
Évolution du trait de côte	113	2 ans	39	départements littoraux 80, 76, 50, 56, 85, 66, 11, 34, 30 pays boulonnais, côte Opale, baie de Somme, baie du Mont-Saint-Michel, havres côte ouest Cotentin, estuaire de la Loire, estuaire Gironde, bassin Arcachon, dunes domaniales côte atlantique, golfe de Saint-tropez, Camargue
		5 ans	74	départements littoraux 76, 14, 50, 35, 22, 29, 56, 85, 17 toutes les façades falaises bretonnes et normandes, estuaire de la Seine, côte ouest Cotentin, baie du Mont-Saint-Michel, Îles Chausey, littoral de la Rivière d'Auray à la Ria d'Étel, golfe du morbihan, la Rochelle et ses alentours, golfe du Lion, étang de Berre
		7 ans	0	
Enjeux liés aux politiques publiques	31	2 ans	13	départements littoraux 50, 35, 22, 29, 56, 44, 85, 33 nord Vendée, Noirmoutiers, baie de bourgneuf, bassin d'Arcachon
		5 ans	18	départements littoraux 76, 14, 50, 35, 22, 29, 56, 85, 44, 17, 66, 11, 34, 30, 13, 83, 06 ensemble espace maritime français estuaire Seine, rade de Lorient, bassin Arcachon, estuaire du Var
		7 ans	0	
Sensibilité aux pollutions	6	2 ans	3	tout le littoral français Risle maritime, baie du Mont-Saint-Michel, Côte d'Émeraude
		5 ans	3	côte ouest du Cotentin, golfe normand-breton, sur toute la zone intertidale bretonne, façade région Nouvelle-Aquitaine
		7 ans	0	
Problématique de l'envasement	3	2 ans	3	baie du Mont-Saint-Michel, interface terre-mer du bassin Loire-Bretagne
		5 ans	0	
		7 ans	0	

Les participants expriment majoritairement le fait qu'une mise à jour de 5 ans est suffisante. Cependant, ils sont nombreux à souhaiter une mise à jour de 2 ans notamment pour les études relatives au trait de côte. Tous les participants à l'enquête qui travaillent sur la problématique de l'envasement ont besoin d'une mise à jour de 2 ans.

Les études concernent tous les littoraux de la métropole, avec des zones plus ponctuelles souvent citées (baie du Mont-Saint-Michel, bassin d'Arcachon, côte ouest du Cotentin ...).

Le besoin d'une mise à jour plus fréquente qu'actuellement est clairement exprimé par les participants au questionnaire.

2.1. Fréquence souhaitée à 2 ans

Les participants qui ont indiqué une mise à jour adaptée de 2 ans pour les critères qu'ils estiment comme prioritaires, réalisent des études concernant toutes les politiques publiques, en général sur des secteurs bien spécifiques et répartis sur tout le littoral de la métropole :

Évolution du trait de côte	Côte d'Opale, baie de Somme, Pays boulonnais, havres de la côte ouest du Cotentin, baie du Mont-Saint-Michel, ria d'Étel, estuaire de la Loire, estuaire de la Gironde, bassin d'Arcachon, Camargue, Golfe de Saint-Tropez
Enjeux liés aux politiques publiques	nord de la Vendée, Noirmoutiers, baie de Bourgneuf, bassin d'Arcachon
Sensibilité aux pollutions	Risle maritime, baie du Mont-Saint-Michel, côte d'Émeraude
Problématique de l'envasement	baie du Mont-Saint-Michel, interface terre-mer du bassin Loire-Bretagne

L'ensemble de ces secteurs a été reporté sur la carte ci-après en indiquant à chaque fois le domaine d'intervention. **Ces zones spécifiques représentent environ 800 km de côtes.**

Certaines zones comme les estuaires picards, la golfe de Saint-Tropez concernent pour la majorité l'« évolution du trait de côte ». Mais d'autres sont intéressées par plusieurs domaines. C'est par exemple le cas pour la baie du Mont-Saint-Michel avec les domaines :

- problématique de l'envasement ;
- délimitation de l'estran avec indice de rugosité ;
- évolution de l'état de santé des récifs d'hermelles.

Beaucoup pointent des secteurs à enjeux associés à des utilisations spécifiques en rapport avec des évolutions, des suivis qui nécessitent un pas de temps très court entre chaque version :

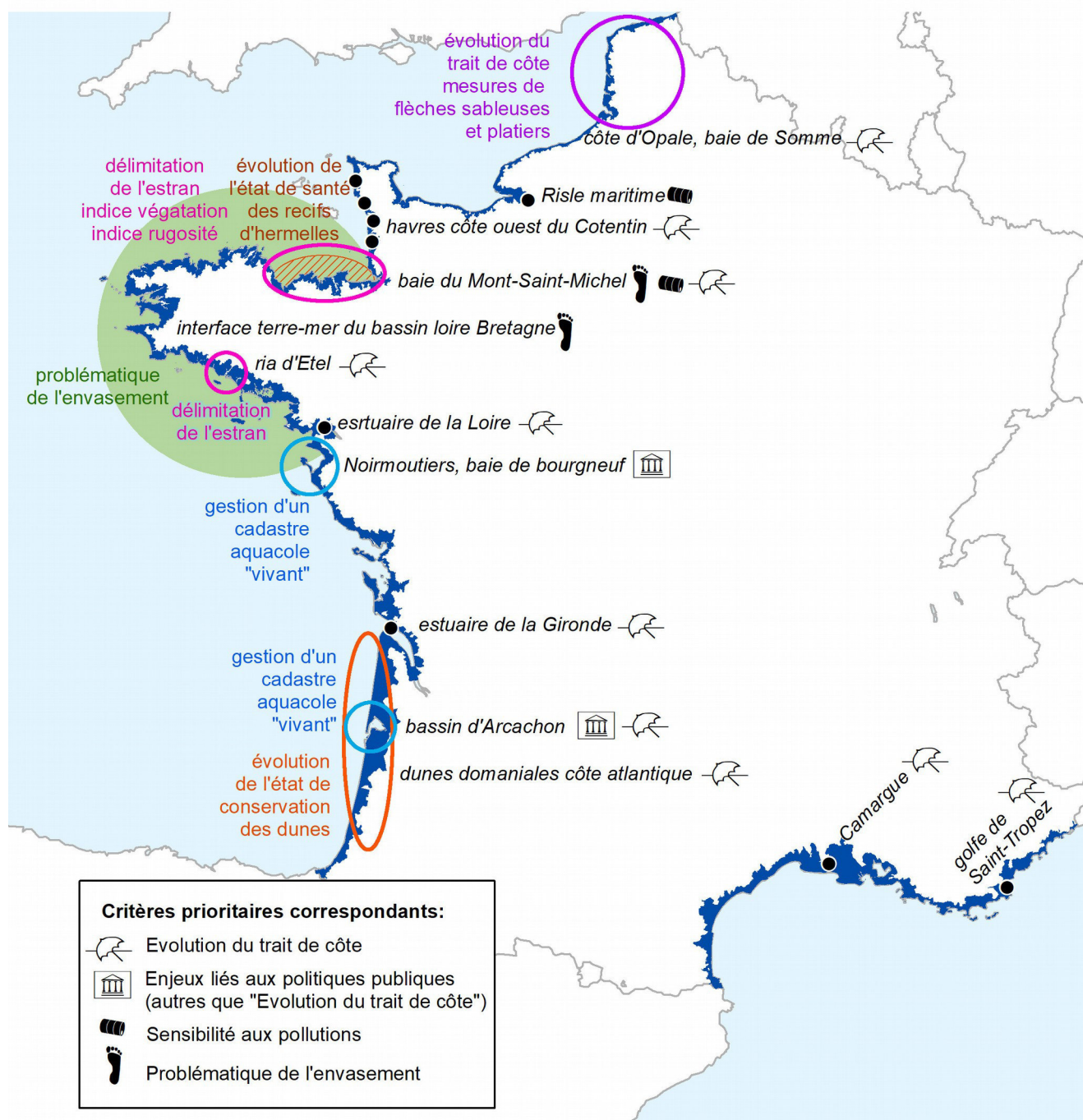
- évolutions des flèches sableuses et des platiers ;
- évolution de la délimitation de l'estran ;
- évolution de l'état de santé des récifs d'hermelles ;
- gestion d'un cadastre aquacole « vivant » ;
- évolution de l'état de conservation des dunes ...

Concernant les « enjeux liés aux politiques publiques » et la gestion du cadastre aquacole, plusieurs participants précisent qu'une mise à jour de 2 ans est souhaitée, notamment dans la baie de Bourgneuf et le bassin d'Arcachon. Un participant a ainsi mentionné : « Compte tenu de mon métier actuel, j'avoue qu'une fréquence plus importante de mise à jour est un point très important pour la gestion d'un cadastre très "vivant", en perpétuel mouvement. »

L'analyse montre qu'une mise à jour tous les 2 ans est nécessaire sur des zones bien spécifiques comme les baies, les bassins, les estuaires. En sommant le linéaire des zones détournées ci-après, **ce sont donc de l'ordre de 800 km de littoral qui nécessiteraient ce rythme de mise à jour.**

Secteurs à produire pour une mise à jour plus fréquente et utilisations

fréquence souhaitée: 2 ans



Pour les autres secteurs du littoral, une mise à jour de 5 ans semble répondre aux besoins de toutes les personnes/services qui ont participé au questionnaire.

2.2. Fréquence souhaitée à 5 ans

Les participants qui ont indiqué une mise à jour adaptée de 5 ans pour les critères qu'ils estiment comme prioritaires, travaillent sur les littoraux de tous les départements de la métropole.

Comme précédemment, les zones ont été reportées sur la carte ci-après.

Selon les départements, les critères prioritaires indiqués varient. Les critères « évolution du trait de côte » et « enjeux liés aux politiques publiques » concernent tous les départements.

Trois participants considèrent qu'une mise à jour de 5 ans est adaptée pour le critère sensibilité aux pollutions. Les zones géographiques sur lesquelles ils réalisent des études concernent la côte ouest du Cotentin, toute la zone intertidale bretonne et la façade de la région Nouvelle Aquitaine.

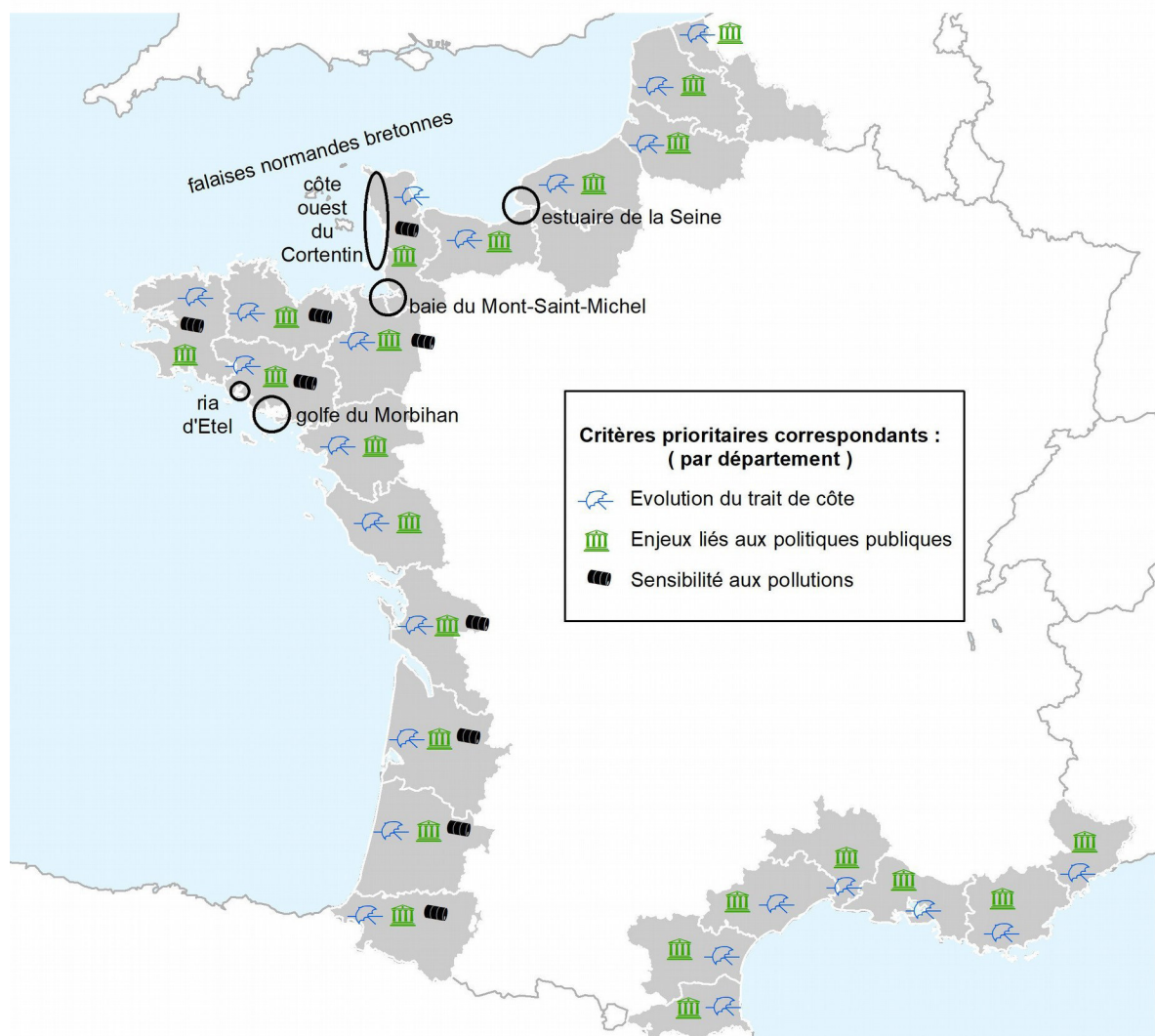
Plus précisément, quel que soit le critère prioritaire indiqué, certaines zones géographiques ont été mentionnées à plusieurs reprises : estuaire de la Seine, baie du Mont-Saint-Michel, côte ouest du Cotentin, ria d'Étel et golfe du Morbihan.

La Bretagne concentre sur son territoire davantage de critères exprimés comme prioritaires par les participants et davantage de zones d'études spécifiques.

L'analyse montre u'une mise à jour de 5 ans est nécessaire sur tout le littoral de la métropole pour des études qui concernent aussi bien l' « évolution du trait de côte », les « enjeux liés aux politiques publiques » et la « sensibilité aux pollutions » par exemple.

Secteurs à produire pour une mise à jour plus fréquente

fréquence souhaitée: 5 ans



3. L'apport du satellite

Possibilité d'utilisation d'images satellites pour la réalisation de l'Ortho littorale

V3 en remplacement ou complément des Prises de Vue Aériennes

A RETENIR

Parmi les satellites disponibles, le satellite **Pléiades** est le plus précis : 0.7 m en niveau de gris (bande panchromatique) rééchantillonné à **0.5 m**. **Les bandes couleur, acquises à 2,8m et rééchantillonnées à 2 m de résolution, seront moins précises que celles acquises lors de PVA.**

Possibilité de **diffusion** des images satellites **uniquement aux utilisateurs institutionnels**. **Pas d'accès pour le grand public sans financement supplémentaire.**

Nécessité de **commande** d'acquisition **d'images et de traitements** de mise en forme pour une bonne appropriation des utilisateurs.

Contrainte techniques :

- **hauteurs d'eau <1m : très difficile** à réaliser car le passage du satellite à heure fixe ne coïncide pas forcément avec la marée basse (laps de temps très court et horaire variable selon les lieux) ;
- **ennuagelement à 0% : très difficile** particulièrement sur la moitié Nord de la France/ prédiction impossible de l'ennuagelement à l'heure du passage du satellite ;
- **faible angle** de prise de vue : 0 à 10° idéalement : **1 fois / 26 jours** pour 0°.

=> Combinaison des contraintes : **probabilité nulle de satisfaire ces 3 contraintes simultanément** lors d'une même commande.

Coût non maîtrisable des commandes d'images : aucune assurance que les images commandées soient valides du point de vue de l'ennuagelement. Le coût peut s'avérer très important si nécessité de commander plusieurs acquisitions sur le même secteur jusqu'à ce que l'image obtenue soit sans nuages et à marée basse.

RECOMMANDATIONS

Métropole :

Le recours au **satellite n'est pas préconisé sur la métropole** pour la réalisation de l'ortho littorale. Les spécifications strictes qui font l'originalité de ce référentiel ne sont pas atteignables avec des acquisitions par satellite.

Pour des **prises à jour intermédiaires** à l'ortho littorale, utilisation préconisée des images satellite de la **banque de données**, gratuites, lorsqu'elles sont satisfaisantes.

Outre-mer :

L'utilisation de la BD Ortho 0,5m avec IRC lorsque disponible est préconisée, si possibilité de libération des droits.

Le satellite pourrait être mobilisé en complément dans le cadre de recherche dans la banque de données d'images. Mais l'expérience de l'IGN montre qu'il est très difficile d'obtenir des images de qualité.

Objectif attendu pour l'Ortho littorale V3

Les spécificités techniques attendues pour l'Ortho littorale V3 se doivent d'être au moins de qualité identique à la version précédente à savoir :

- Une acquisition à marée basse en période de grande marée (hauteur d'eau inférieure à 1m)
- Une couverture nuageuse nulle
- Une résolution spatiale d'au moins 0.5 m
- Une version en vraies couleurs et une version en infra-rouge couleur
- Une acquisition des images entre fin mars et octobre (en raison de la présence des grandes marées d'équinoxe d'une part, et de l'angle solaire de 20° atteint à partir de ces périodes d'autre part) sur un délai le plus court possible

Présentation des Images Satellites facilement accessibles

À l'heure actuelle il existe 3 satellites haute / très haute résolution dont les images sont facilement accessibles sur le territoire français :

- Spot 6-7 et Pléiades qui comptent chacun 5 bandes spectrales dont une panchromatique et une en infrarouge. La résolution spatiale de ces deux satellites est respectivement de 1.5 m et 0,7 m rééchantillonné à 0,5m pour les bandes panchromatiques et 6 m et 2m80 rééchantillonné à 2m pour les bandes couleur et IR. La résolution panchromatique de Spot à 1.5 m paraît trop faible compte tenu d'un rendu souhaité à 0.5 m. Pléiades, en revanche, pourrait être satisfaisant. . Pour cette raison, c'est ce satellite qui est ensuite considéré dans ce document.
- Sentinel-2 possède 13 bandes spectrales, mais ce satellite est à écarter du fait de sa trop faible résolution de 10 m.

L'archive géoréférencée en images Pleiades, constituée depuis 2013, est accessible aux acteurs publics en flux ou en téléchargement sur le site professionnel de l'IGN et sur le site de l'EQUIPEX-GEOSUD, moyennant signature de la licence DSP auprès de images-satellites@ign.fr.

3.1. Contexte Réglementaire

3.1.1 Modalités de diffusion

Modalités de diffusion d'une Ortho littorale V3 issue d'images Pléiades

Pour rappel, il est indiqué sur le site de l'EQUIPEX-GEOSUD, diffuseur de la donnée : « *Les Utilisateurs Institutionnels Autorisés (UIA) peuvent exploiter ces images dans l'exercice de leurs missions de service public, à condition que celles-ci ne revêtent pas de caractère commercial. Un UIA peut avoir recours à un prestataire privé pour l'exploitation des images dans le cadre d'une de ces missions de service public* »

Les conditions d'utilisation des images satellites sont très restrictives du point de vue du grand public, même si elles sont visibles sur le Géoportail comme toutes les données IGN ou partenaire. Les données sont diffusables aux utilisateurs institutionnels, sous réserve de signature de la licence DSP leur permettant d'entrer dans la communauté des UIA. Cette licence exclue toute activité purement commerciale. Bien que le projet d'ortho littorale V3 ne soit pas à vocation commerciale, la diffusion de la donnée si elle contenait des images satellites ne serait possible que pour les institutionnels en mesure de signer cette licence.

Une ortho littorale créée à partir d'images satellites ne pourrait pas être diffusée à tous les professionnels. De plus la totalité du grand public serait aussi exclue.

Cela pose un problème d'égalité face à l'accessibilité et la gratuité de la donnée, ce qui était le cas pour les deux précédents millésimes qui étaient en open data. Une ortho littorale V3 issue de prises de vue aériennes serait en libre accès pour tous si cela est précisé dans le marché.

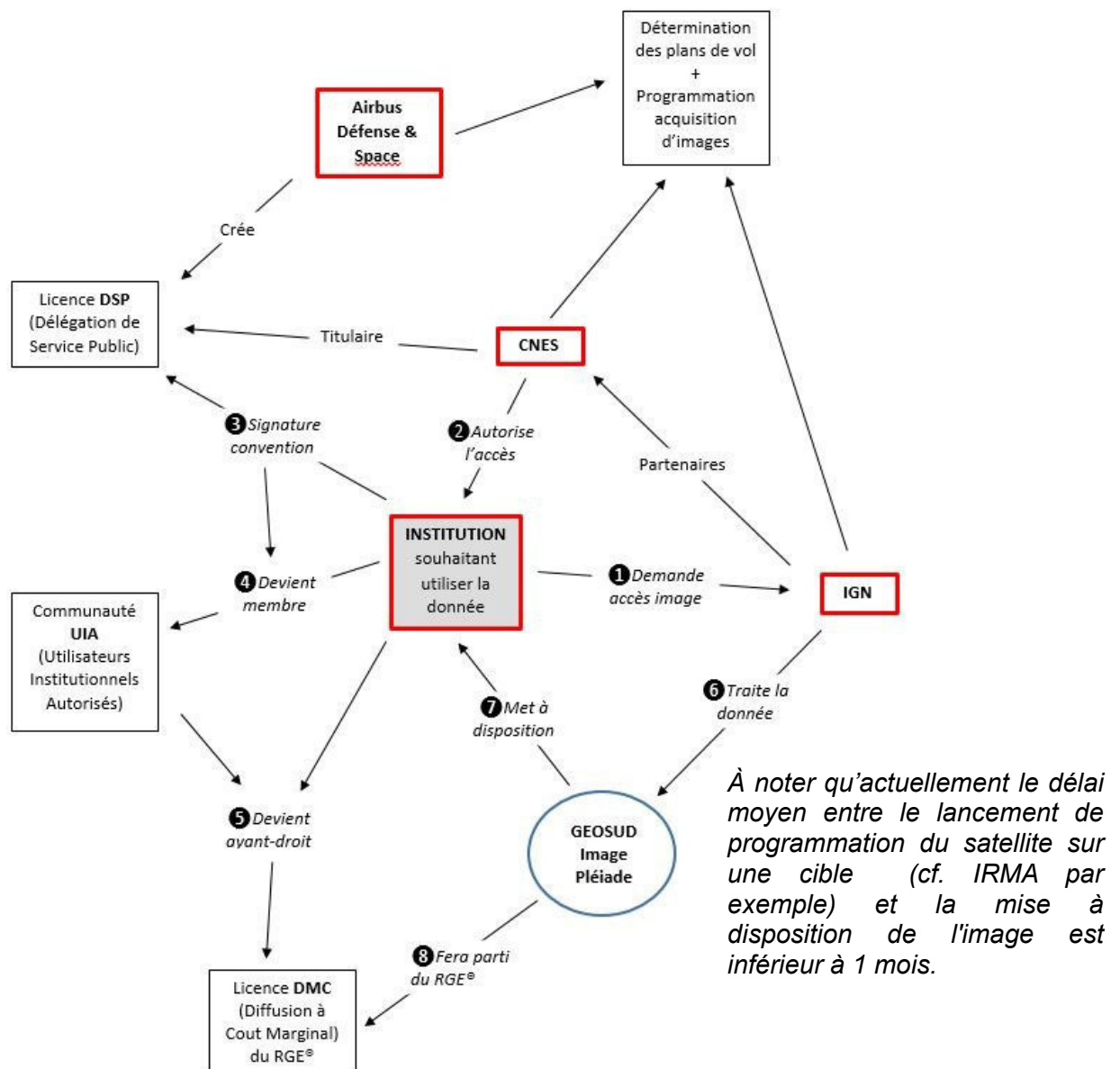


Schéma des modalités de mise à disposition des images Pléiades

source : Guide utilisateurs Pléiades V3, IGN, site de l'EQUIPEX-GEOSUD

Modalités de diffusion des images brutes

Il apparaît dans *l'Analyse des questionnaires sur les utilisations actuelles et les attentes de l'Ortho littorale V2* réalisée en 2018 par le Cerema, que certains utilisateurs souhaiteraient pouvoir réaliser des traitements radiométriques pour travailler sur des thématiques spécifiques.

Il serait souhaitable de pouvoir fournir aux utilisateurs les images brutes utilisées pour créer la mosaïque Ortho littorale V3 afin de leur permettre d'effectuer des réglages et traitements sur les radiométries.

C'est ce qui est fait actuellement avec le millésime V2 lorsque les utilisateurs en font la demande. Concernant les modalités de diffusion des images brutes, elles sont les mêmes que détaillées au paragraphe précédent. Si l'ortho littorale était issue d'images Pléiades il pourrait être proposé, pour les besoins ponctuels émanant d'institutions, de les encourager à signer la convention d'utilisation des données pour pouvoir bénéficier de ces données.

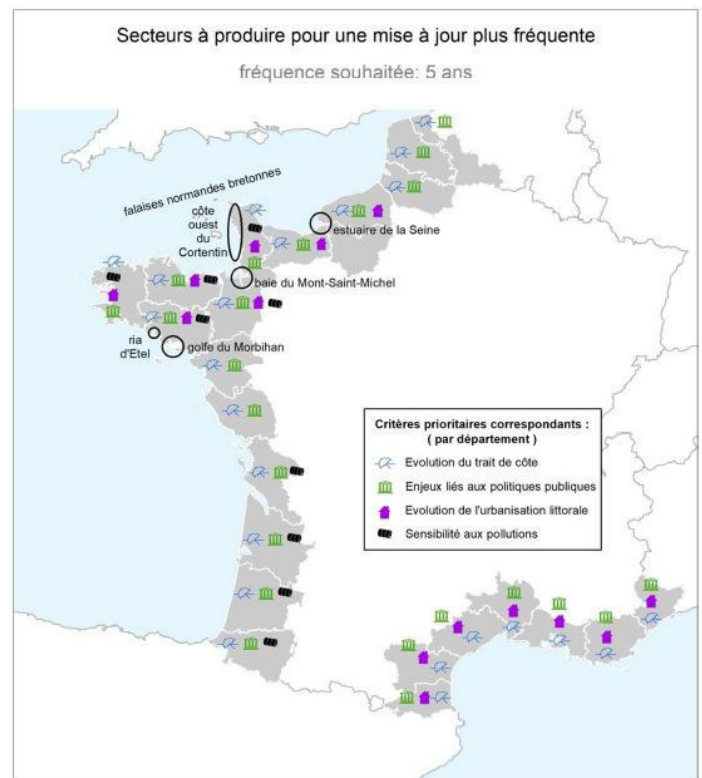
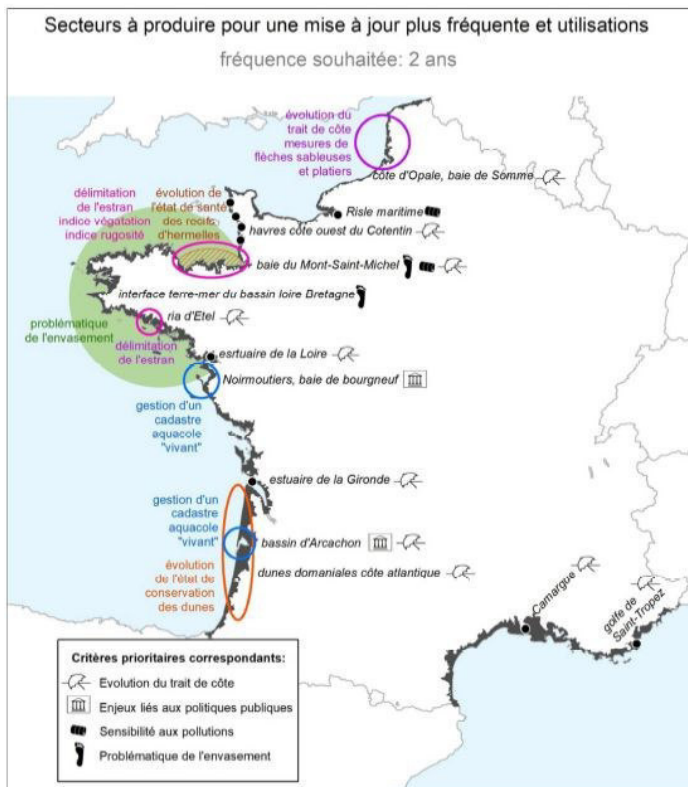
Les privés et le grand public et notamment les associations qui ne sont pas reconnues d'utilité publique ne seront donc pas en mesure d'obtenir les images brutes.

3.1.2 Recours aux images pour mise à jour intermédiaire de l'ortho littorale

Demande de mise à jour à 2 et 5 ans

Le rapport d'inspection sur les dispositifs de recueil de données et d'observation sur le littoral coordonné par Mme Bersani en 2006 recommandait le recours aux images satellites pour des mises à jour intermédiaires de l'ortho littorale avec des contraintes techniques (notamment marée) moins fortes.

Il apparaît dans l'enquête réalisée en 2018 que certains utilisateurs ont besoin de disposer d'une ortho littorale plus régulièrement que le rythme actuel de mise à jour. Pour répondre à ce besoin, il peut être envisagé, en complément de l'Ortho littorale issue de prise de vues aériennes, de proposer l'utilisation d'images satellites acquises à dates intermédiaires par exemple entre la V1 (entre 2000 et 2002) et la V2 (2011-2014), la V2 et la V3, puis au-delà à partir de la réalisation de la V3. Notons aussi qu'il est certain que tout le littoral français ne sera pas couvert sur une année avec les spécifications demandées (couverture nuageuse nulle + grande marée basse).



Secteurs avec actualisation tous les 2 ans souhaitée Secteurs avec actualisation tous les 5 ans souhaitée

Source : l'Analyse des questionnaires sur les utilisations actuelles et les attentes de l'Ortho littorale V2 réalisée en 2018

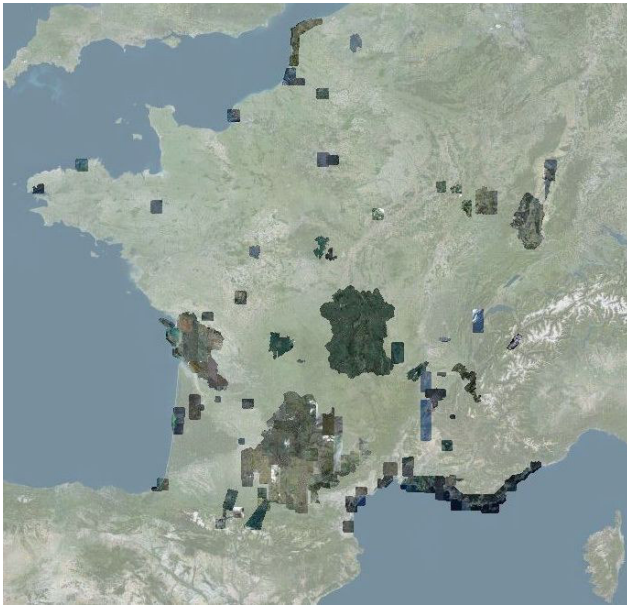
Les mises à jour intermédiaires à partir de satellites pourraient donc être limitées à certains secteurs où la demande des institutionnels est prioritaire d'une part, et où la contrainte de marée n'est pas indispensable d'autre part.

Les images ci-avant sont extraites du document faisant le point sur les fréquences de mise à jour souhaitées par les utilisateurs dans le cadre de l'enquête lancée pendant l'été 2016. La mise à jour avec une fréquence de 2 années fait ressortir quelques secteurs à enjeux relativement localisés qui pourraient faire l'objet de ce type de mise à jour intermédiaire.

État des lieux de la banque d'image Pléiades

Les images Pléiades archivées à l'IGN et à la maison de la télédétection, déjà acquises par des utilisateurs UIA, sont disponibles et gratuites pour la sphère publique. Elles sont affichées ici année par année afin d'avoir un état des lieux sur l'existant d'une part, et d'évaluer le nombre de prises de vues commandées chaque année sur le littoral par les utilisateurs d'autre part.

Cette information permet d'évaluer l'ampleur des commandes potentielles à effectuer pour réaliser l'ortho littorale V3 à partir de Pleiades, ainsi que les images actuellement disponibles pour une mise à jour intermédiaire. A noter qu'il n'y a pas de critère de marée dans le choix des dates d'acquisition des scènes.



Couverture 2013 : 502 images (mono)



Couverture 2014: 199 images (stéréo)



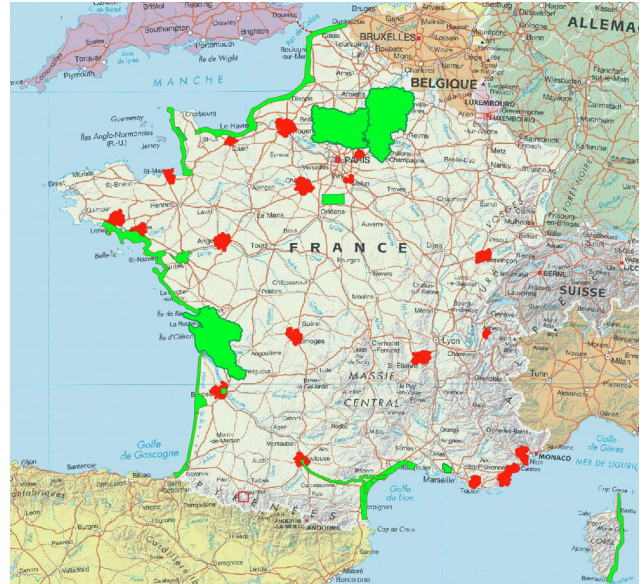
Couverture 2015 : 200 images (stéréo)



Couverture 2016: 108 images (stéréo)



Couverture 2017 : 190 images (mono)



Programme 2018 (mono / stéréo)

Couverture d'images Pleiades sur la France métropolitaine acquises par les UIA

source : Geoportail + portail spatial de l'IGN

Concernant les mises à jour de l'ortho littorale, les littoraux aquitains et méditerranéens ont bénéficié d'une couverture totale entre 2013 et 2017. Il s'agit d'une acquisition réalisée par le MTES sur les littoraux sableux.

En revanche une partie de la Bretagne et de la Basse-Normandie (dont la Baie du Mont Saint Michel) n'ont jamais été couvertes ou même programmées.

Parmi les images disponibles certaines sont localisées sur des secteurs identifiés comme faisant partie des besoins des institutionnels (baie de Somme, secteurs vendéens et aquitains, Cotentin ouest). Il serait intéressant de vérifier l'état de la marée sur ces images, la couverture nuageuse, et si les bandes panchromatiques ont été acquises par les UIA, et fusionnées aux bandes XS pour obtenir du 0.5 m.

A partir de ces éléments, il est possible de conclure que pour pouvoir disposer de tout le littoral en images satellites, il faudrait passer de nombreuses commandes d'images Pléiades sans aucune garantie de réussite, compte tenu des contraintes environnementales détaillées ci-après.

3.1.3 La commande d'images

Coût de la commande d'image

Il serait nécessaire de réaliser des commandes d'acquisitions spécifiques d'images pour couvrir tout le littoral métropolitain.

A titre indicatif, en 2017, les coûts d'approvisionnement des images en licence UIA sont indiqués dans le tableau suivant, l'IGN prenant à sa charge les coûts d'orthorectification (hors mosaïquage) et de diffusion jusqu'à 500 produits par an (convention CNES-IGN en vigueur) :

Prix utilisateurs institutionnels autorisés (catégorie 1) au 1^{er} mars 2017			
	Mode		
	Mono	Stéréo	Tri stéréo
Archive	1,40 €/km ²	X2	X3
Acquisition ponctuelle ou régulière	1,80 €/km ²	X2	X3
Acquisition prioritaire	2,00 €/km ²	X2	X3

source : Guide utilisateurs Pléiades, IGN, site de l'EQUIPEX-GEOSUD

Le littoral français métropolitain comprend un linéaire de l'ordre de 10 600 km (corse incluse). Les départements et régions d'Outre-Mer (Guadeloupe, Martinique, Guyane, Réunion) correspondent à un linéaire de l'ordre de 1 200 km.

La fauchée des segments Pléiades est de 20 km environ, mais la largeur minimale qui peut être commandée à Airbus est de 5 km. C'est ce qui est pratiqué depuis plusieurs années en concertation CNES-IGN pour optimiser les coûts. Pour 2018, la superficie de littoral sableux prévue à acquérir sur la métropole Corse se monte à environ 16 000 km².

En programmation monoscopique et d'après les tarifs 2015 il faudrait compter pour la Métropole 10 584 x 5 x 1,80 soit 95 256 € (hors prestation de traitement d'images), en considérant qu'une unique image commandée suffise à remplir toutes les conditions requises pour chaque zone, ce qui est très peu probable.

À ce tarif s'ajoutera un surcoût pour couvrir les zones à forte emprise surfacique, pouvant atteindre plus de 10 km perpendiculaire à la côte à marée basse (Charente maritime), et notamment les estuaires remontant loin dans les terres, les îles pour lesquelles on souhaite une continuité de l'image entre l'île et le continent, telle l'île de Chausey.

Il convient de préciser que les images ainsi achetées ne rempliraient pas forcément toutes les conditions requises, en particulier la couverture nuageuse. Donc le taux de réussite vis-à-vis des commandes d'image n'est absolument pas de 100%. De plus, il paraît très improbable d'obtenir les conditions requises vis-à-vis des marées. Enfin, il n'est pas envisageable de programmer de si nombreuses commandes en mode prioritaire, cela engendrerait probablement des conflits avec d'autres utilisateurs programmeurs.

Traitement des images

L'ortho littorale est une mosaïque d'images. Les prises de vues, qu'elles soient aériennes ou satellitaires, nécessitent des traitements pour réaliser une mise en forme normée (une mosaïque sans déformation, compatible avec le RGE).

L'IGN est en mesure de réaliser ces traitements sur des images satellites Pléiades. Selon le *Guide des utilisateurs Pléiades V3*, sont réalisés par défaut le géoréférencement des images sur le RGE (Référentiel à Grande Echelle), et l'ortho-rectification des dalles. Peuvent être effectués également par l'IGN la fusion des canaux XS et de la bande panchromatique, ainsi que le mosaïquage des dalles (dalles orthorectifiées et géoréférencées).

Coût du traitement des images

Il est nécessaire, pour les deux prestations de fusion et mosaïquage, de demander un devis à l'IGN. images-satellites@ign.fr

3.2. Contexte pragmatique et thématique

3.2.1 Compatibilité images satellites avec les contraintes environnementales

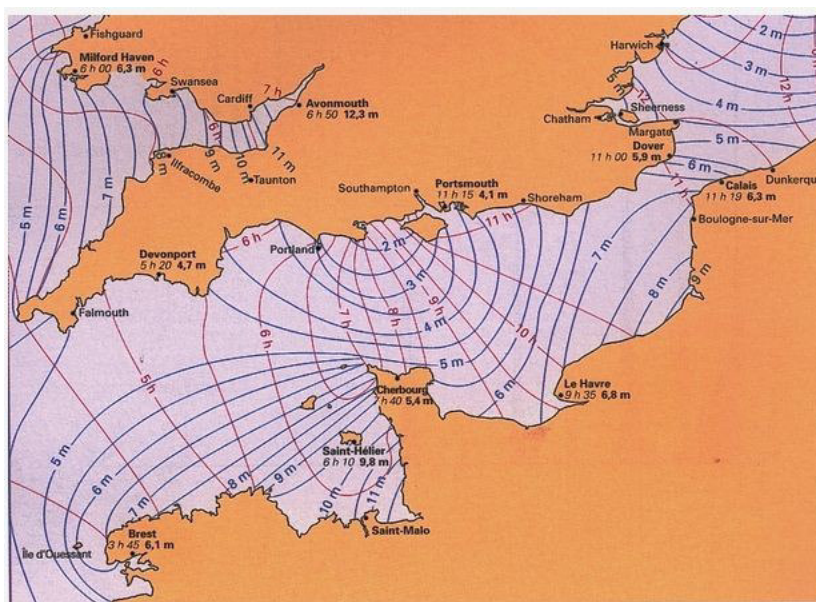
Contraintes liées aux grandes marées

Pour couvrir la totalité de l'estran et répondre ainsi aux besoins des utilisateurs, il est nécessaire d'acquérir des images lors de grandes marées, à marée basse, avec une hauteur d'eau inférieure à 1m.

Cette configuration propice se produit pendant une période de 3 à 5 jours selon les mois et les ports et pendant une durée limitée chaque jour.

En effet, les heures de marées basses ne sont pas les mêmes en tout point du littoral. Elles progressent d'un port à l'autre (voir carte de l'onde des marées). C'est pour cela que des ports de référence indiquent les heures de marées. Et ensuite les heures de marées sont dérivées de ces ports avec un décalage.

Par ailleurs, si le coefficient de marée est le même quel que soit le port, il n'en est pas de même des hauteurs d'eau.



Lignes cotidiales et d'isomarnage en Manche par vive-eau moyenne

Source : Shom

Cette carte du Shom représente l'évolution de la marée dans la Manche :

- En bleu les lignes d'iso-marnage représentent une égale valeur de marnage (hauteur de la marée).
- Les lignes rouges sont les lignes cotidiales représentant les points se trouvant en pleine-mer (PM) à la même heure. Si la PM est à 3h45 à Brest, la marée est encore montante à Cherbourg et la PM ne sera atteinte qu'à 7h40, soit presque 4h après. L'onde de marée se propage vers le Pas-de-Calais.

A titre d'exemple, une extraction des marées est présentée ci-après pour montrer la complexité d'obtenir le créneau favorable. Il est construit port par port pour le mois d'avril 2012. Ce tableau était fourni au prestataire pour programmer ses missions aériennes. Il était dressé par le Shom puis complété par le Cerema et le prestataire pour ne retenir que les créneaux utiles. Les horaires sont donnés en TU + 2.

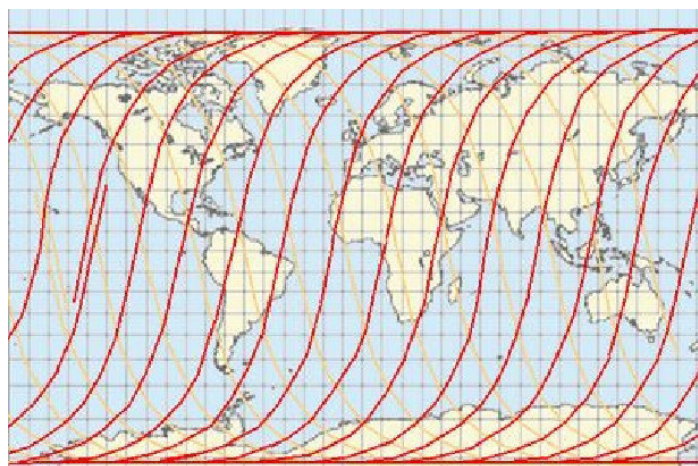
Date	DUNKERQUE			BOULOGNE-SUR-MER			DIEPPE			LE HAVRE		CHERBOURG			SAINT-MALO		
	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps
5-avr.-12																	
6-avr.-12												15:25	16:50	1:25			
7-avr.-12												15:53	17:48	1:55	14:45	16:00	1:15
8-avr.-12	7:50	10:45	2:55				7:50	10:03	2:13			16:35	18:31	1:56	15:24	16:47	1:23
9-avr.-12	8:35	11:28	2:53	8:40	10:37	1:57	8:40	10:40	2:00			17:34	19:01	1:27	16:21	17:12	0:51
10-avr.-12	9:25	12:08	2:43	9:32	11:12	1:40	9:48	11:05	1:17								
11-avr.-12	10:24	12:42	2:18														
12-avr.-12	11:48	13:02	1:14														
23-avr.-12	8:41	10:27	1:46														
24-avr.-12	9:19	10:53	1:34														
25-avr.-12	10:05	11:11	1:06														

Date	BREST			LE CONQUET			LES SABLES D'OLONNE			LA ROCHELLE			ARCACHON			BOUCAU (Bayonne)		
	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps	Start Time	End Time	Temps
5-avr.-12							9:35	11:08	1:33				10:08	12:28	2:20	9:23	11:10	1:47
6-avr.-12	11:07	12:21	1:14	11:05	12:33	1:28	9:55	12:14	2:19	10:30	11:52	1:22	10:51	13:22	2:31	9:43	12:15	2:32
7-avr.-12	11:34	13:20	1:46	11:31	13:33	2:02	10:29	13:06	2:37	11:01	12:47	1:46	11:35	14:09	2:34	10:17	13:06	2:49
8-avr.-12	12:16	14:04	1:48	12:13	14:18	2:05	11:12	13:50	2:38	11:43	13:32	1:49	12:18	14:51	2:33	11:00	13:48	2:48
9-avr.-12	13:12	14:35	1:23	13:09	14:49	1:40	12:04	14:28	2:24	12:36	14:08	1:32	13:02	15:27	2:25	11:53	14:24	2:31
10-avr.-12							13:08	14:59	1:51	13:49	14:28	0:39	13:50	15:59	2:09	13:01	14:46	1:45
11-avr.-12																		
12-avr.-12																		
23-avr.-12																		
24-avr.-12																		
25-avr.-12																		

Compte tenu des très courtes fenêtres d'acquisition, on peut constater qu'il est indispensable que le dispositif d'acquisition soit très réactif. L'utilisation du satellite dans un tel projet semble illusoire.

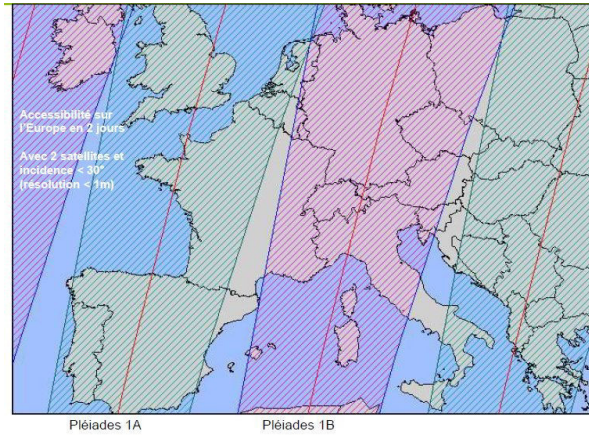
Réactivité du satellite vis-à-vis des grandes marées

Les satellites sont héliosynchrones et passent à heure fixe une fois par jour au-dessus de la France, généralement en fin de matinée. De plus, le satellite ne repasse à la verticale d'un lieu que tous les 26 jours, la plupart des acquisitions faites dans l'intervalle se font donc avec des angles d'incidence plus ou moins forts.



Trace type d'un satellite en orbite polaire héliosynchrone

La revisite d'un même lieu par les satellites Pléiades est possible en théorie tous les 2 jours à la latitude de la France, avec une heure d'observation d'environ 12h40 heure d'été. Mais l'angle de prise de vue peut alors être important (jusque 30°), et entraîner ainsi des ombres portées d'éléments du sur-sol, une diminution de la résolution spatiale et des parties cachées (particulièrement gênantes en zone escarpées de type falaise). L'angle idéal de prise de vue, 0°, n'est possible sur un lieu que tous les 26j. De plus, de par sa trajectoire NNE, les traces des satellites Pléiades sont très perpendiculaires aux cotes de la Manche et de la Méditerranée.



Accessibilité d'un lieu à moins de 30° d'angle pour un jour J par les satellites Pléiades

Contraintes liées à l'ennuagement

L'ortho littorale ne doit pas contenir de nuage sur les images qui la composent, sous peine de perte d'information à l'emplacement des nuages et de leur ombre portée. Or, la probabilité d'avoir une image à moins de 10% de nuages est d'environ 30% sur le littoral Atlantique, et beaucoup plus faible dans la moitié nord de la France, rendant l'observation sur un jour fixe très aléatoire, si ce n'est impossible.

Si le jour d'acquisition d'image est fixé, il n'est alors pas possible de spécifier les conditions de prise de vue. De plus, on constate que le satellite ne passera pas forcément au-dessus des zones littorales aux heures de marées basses.

L'utilisation du satellite est donc impossible pour atteindre les spécifications combinant grande marées basse, couverture nuageuse nulle et faible angle de prise de vue.

3.2.2 Souhait de multiplier les informations thématiques

Apport de capteurs supplémentaires ?

- Choix du satellite

Les utilisateurs cherchent à pouvoir caractériser les habitats, la nature de l'estran, les cultures marines, la présence d'algues, le trait de côte, les dynamiques des bancs de vase etc...

Des capteurs hyper-spectraux, pouvant acquérir plusieurs bandes étroites dans le Proche Infra Rouge pourraient permettre d'identifier et, le cas échéant, de caractériser la biomasse et l'activité chlorophyllienne. Les satellites français ne sont pas hyper-spectraux. Ils ne possèdent qu'un canal dans chaque partie du spectre. Il ne sera donc pas possible d'obtenir ce niveau de détail thématique.

Actuellement parmi les satellites français, seuls Pléiades et Spot 6/7 bénéficient d'un canal dans le PIR ET pouvant être exploité en Très Haute Résolution (résolutions natives de 2,8 m et 6m). En effet, il est possible de fusionner leur bande Panchromatique respectivement de 0.5 m et 1.5 m de lors des compositions colorées. La version précédente de l'Ortho littorale étant à une résolution de 0.5 m, il paraît difficile de proposer un produit avec une définition moins précise.

Sur les critères de la résolution spectrale et spatiale les images issues du satellite Pléiades (0.7 m en natif panchromatique et 2m 80 sur les autres canaux avec un rééchantillonnage après pan-sharpening à 0.5 m en sortie) pourraient donc être retenues comme produit permettant de réaliser l'Ortho littorale V3, avec des caractéristiques techniques au moins égales à l'Ortho littorale V2. Il est à noter qu'avec des images issues de Pléiades ne sera pas possible de proposer une donnée traitée comprenant plus d'information que la version 2 de l'Ortho littorale, du point de vue précision spatiale et spectrale.

- Choix des compositions colorées ?

Il serait possible de mettre en ligne les mêmes compositions colorées que pour l'ortho littorale V2 : une composition en vraie couleurs avec les canaux RVB, et une seconde en Infra Rouge Couleur, incluant la bande Proche Infrarouge avec les canaux PIR, R, V.

- Pour aller plus loin sur le plan thématique avec les images brutes

Pour les utilisateurs institutionnels familiers des images satellites ou souhaitant se familiariser avec la technique, il est possible de créer des indices à partir des images brutes afin de faire ressortir d'autres informations thématiques spécifiques. Parmi les plus répandus il y a le NDVI (indice de végétation normalisé), l'Indice pigmentaire, l'Indice de brillance...

Apport du radar ?

La lisibilité et l'utilisation du radar est trop complexe et trop peu de données sont disponibles. Il existe cinq jeux de données sur la France pour l'année 2017, dont un seul en zone littorale, sur la ville de Brest. Un jeu sur la Provence pour l'année 2013.

3.3. Zones microtidales

3.3.1 Outre-mer

Données satellites

Les départements d'Outre-Mer n'ont pas été couverts pour la réalisation des deux millésimes précédents de l'ortho littorale. Ils sont régulièrement survolés par les satellites SPOT et Pléiades. Les territoires de la Guyane et de l'île de la Réunion possèdent d'ailleurs chacune une station SEAS, station de réception d'images satellites.

Sur la Guadeloupe et la Martinique la réalisation de l'ortho littorale V3 à partir de satellites pourrait être satisfaisante dans la mesure où ces îles ne sont pas de très grande taille, l'onde de marée y est assez homogène, et le marnage est très faible.

On constate ci-après que les îles de la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion ont été totalement couvertes en images Pléiades en 2013 et 2014 et ce, avec une couverture nuageuse quasi nulle en zone littorale. Ceci peut être favorisé par des prises de vue réalisées en saison sèche.

La Guyane présente des difficultés spécifiques relatives à la couverture nuageuse toujours un peu présente et la pénétration du signal sous la canopée, ce qui peut poser problème sur les zones de mangrove ou de forêt ripisylve dans les estuaires. De plus, la répartition des zones anthropisées n'est pas homogène, ce qui rend difficile la prise de points de calage.

Mais l'IGN a tenté de réaliser la BD Ortho à partir d'images satellites sur les DOM. Le retour d'expérience n'est pas satisfaisant et encourageant puisqu'il montre qu'il est très difficile d'obtenir des images de qualité. En effet les satellites passent à un horaire propice aux nuages. Et pour « dénuager », il faut une grande quantité d'images, souvent sur plusieurs années. **Cette difficulté a conduit IGN à ne pas retenir le satellite comme solution à la réalisation de la BD Ortho.** Il pourrait être envisagé d'avoir recours au satellite uniquement en complément lorsque des images sont disponibles.

Les illustrations ci-après présentent la disponibilité des images satellites par année depuis 2013 en Outre-mer.

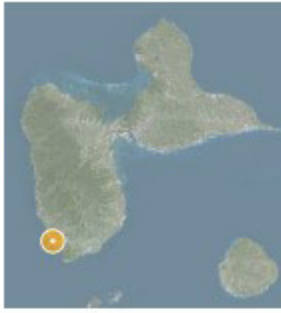
Couverture 2013



Couverture 2014



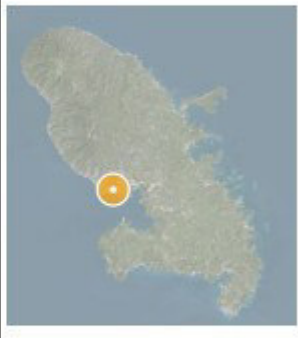
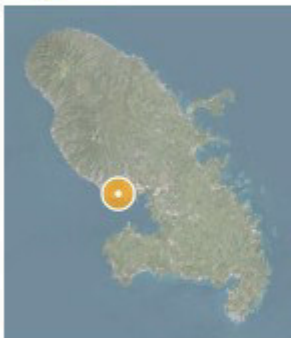
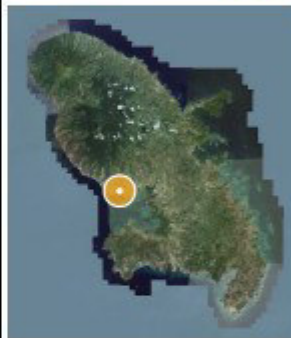
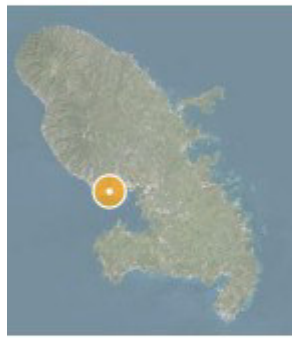
Couverture 2015



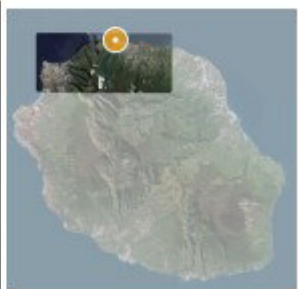
Couverture 2017



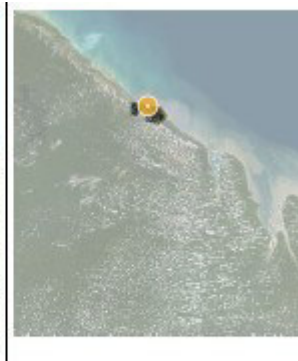
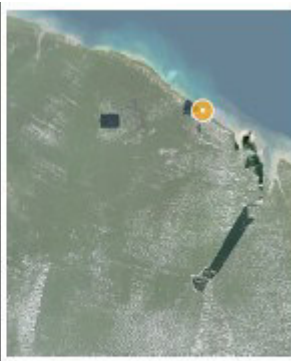
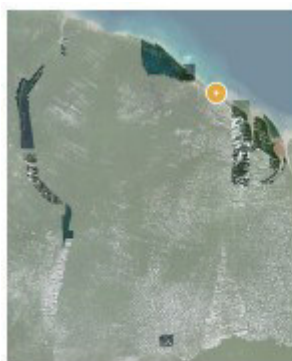
Guadeloupe



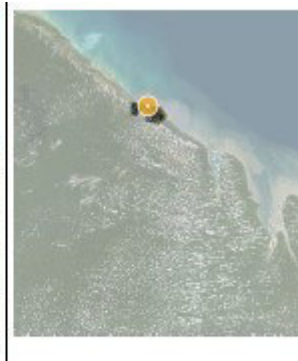
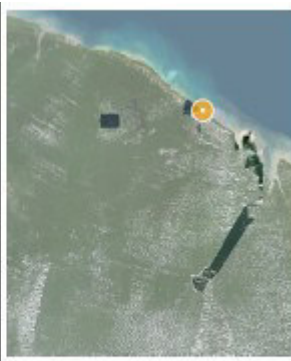
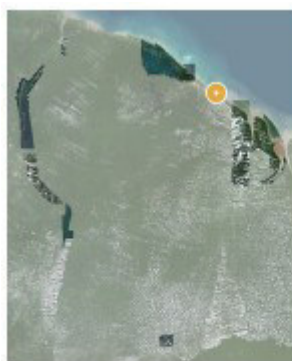
Martinique



La Réunion



Guyane



BD Ortho IGN

Les départements d'Outre-Mer bénéficient d'une BD Ortho plus ou moins récente.

La BD Ortho 0,5 m possède une bande IRC sur les départements de la Guadeloupe, la Martinique et la Réunion (acquisition réalisée à l'automne 2017 pour ce dernier département, à une résolution de 0,2 m). Les 2/3 du territoire de la Guyane ont aussi fait l'objet de PVA 0,5 m dans le cadre d'une BD Ortho.

Il pourrait être envisagé de libérer les droits des BD Ortho sur l'Outre-mer et de compléter la partie manquante de la Guyane par des images satellites.

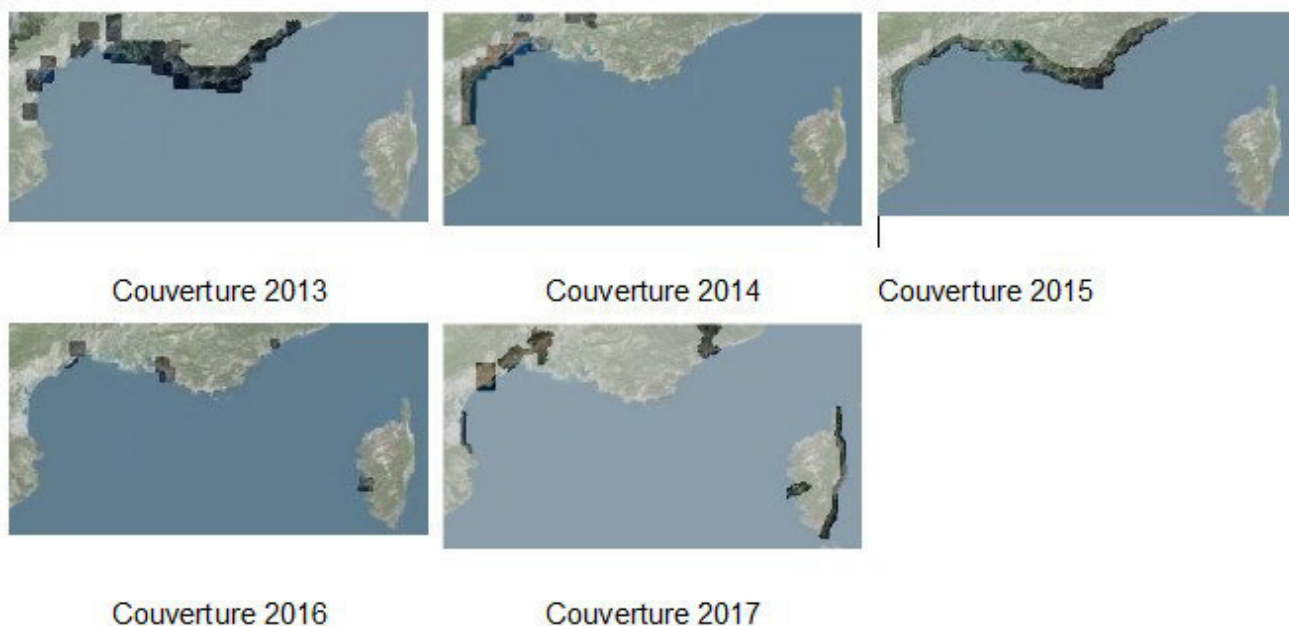
3.3.2 Corse et Méditerranée

La Corse n'a pas été couverte pour la réalisation des deux millésimes précédents de l'ortho littorale. Il serait intéressant pour les utilisateurs d'avoir une ortho littorale V3 en Méditerranée et en Corse pour une question d'équité d'une part, et d'autre part pour réaliser des études spécifiques, comme les herbiers de posidonie (présents en côte orientale Corse, PACA et Occitanie). Ces herbiers ne sont pas toujours visibles sur certains secteurs du fait de la réflexion spéculaire pouvant être présente sur les BD Ortho.

Une autre attente concerne la complémentarité entre Litto3D en cours d'acquisition en Corse et l'ortho littorale V3 qui serait acquise dans la même période.

Données satellite

Concernant les images Pléiades on constate qu'entre 2016 et 2017 la moitié de la Corse environ n'a pas été acquise par les UIA. Il serait donc nécessaire de procéder à des commandes si l'on passait pas le biais du satellite. La Méditerranée a été couverte en sa totalité deux fois entre 2013 et 2015 par des images Pléiades.



BD Ortho IGN

La Méditerranée a été couverte par deux millésimes différents pour la BD Ortho 0,5 m : en 2015 et 2017. La Corse a été couverte en 2016 par la BD Ortho 0,5m. Ces bases de données image possèdent une IRC sur les deux secteurs.

Lors de la réalisation du millésime V2 de l'ortho littorale, il avait été évoqué un temps la libération des droits sur la Corse. Mais la décision finale n'avait pas été prise.

Même s'il n'y a pas de marées en Méditerranée, les critères de prises de vues de l'ortho littorale V2 acquises en quelques jours sur l'ensemble, sans réflectance, sans turbidité de l'eau, avec des axes de vols parallèles au littoral, une couverture large en mer sont des avantages qui permettent de gagner en qualité par rapport aux référentiels existants comme la BD Ortho.

Une solution envisageable pourrait être de faire en sorte que l'IGN intègre ces contraintes dans le cahier des charges de la BD Ortho en Méditerranée pour les futures mises à jour, ce qui regrouperait les spécifications de la BD Ortho et celles de l'ortho littorale.

3.3.3 Utilisation de la BD Ortho IGN sur les zones microtidales

Le Pôle « relations avec les opérateurs et les établissements publics nationaux » de l'IGN a été questionné au sujet des modalités d'utiliser la BD Ortho sur les zones microtidales en remplacement d'une acquisition spécifique Ortho littorale.

Les éléments suivants ressortent de la réponse faite par IGN :

- Pour l'ensemble du pourtour de la Méditerranée, la BD Ortho® et les orthos HR sont en licence ouverte.
- C'est également le cas en Guadeloupe, Martinique et Réunion.
- En Guyane, seule la partie centrale a été volée en 2016. IGN a prévu de faire l'acquisition du reste du territoire en 2018. Les coûts de libération seraient alors de 39994,20 €
- Sur l'archipel de Saint-Pierre-et-Miquelon, la donnée date de 2012. Le coût d'ouverture est de 387,20€
- A Mayotte, la prise de vue date de 2016 et couvre le lagon avec la résolution de 20cm. Le coût serait de 17 160€. A 50cm le coût est de 4 805€.

Dans le cas d'une décision d'utiliser la BD Ortho sur l'Outre-mer, la Méditerranée et la Corse, il serait donc nécessaire de libérer les droits de ce référentiel. L'IGN estime donc l'ouverture des droits au prix de 57 541,40€.

Le tableau ci-après a été fourni par l'IGN et détaille les propos ci-dessus.

N° dép	PVA (Dates de prise de vues)	Couverture par dép	Résolution	Date dispo Ortho / Ortho HR	Commentaires	Licence Ouverte ou coût de la licence Pour ouverture
971-GUA	Fév.-mars 2017	100%	PVA 20 cm	Mars 2018	IGN	Ouverte
972-MAR	Fév.-mars 2017	100%	PVA 20 cm	fév 2018	IGN	Ouverte
973-GUY	Sept- Nov 2016 2018	90%	PVA 50 cm PVA 50 cm	Prévision : Oct 2018 ???	-	20 521,80 € 19 472,40 €
974-REU	Aout /Oct. 2017	95%	PVA 20 cm	Prévision : Oct 2018	-	Ouverte
975-SPM	2012	-	PV Satellite 50 cm		-	387,20 €
976-MAY	Sept/oct. 2016	100%	PVA 20 cm	Juin 2017	Avec le lagon	Pour le 50 cm : 4 804,80 € Pour le 20 cm : 17 160,00 €
977-ST-Barth	Fév./ Mai 2016	100%	PVA 20 cm	Avril 2017	Ortho partenaire (collectivité de Saint- Barthélemy)	Voir le partenaire
978- ST-Martin	Fév.-mars 2017	100%	PVA 20cm	Mars 2018	IGN	Ouverte

3.4. Annexe : principaux satellites d'observation de la Terre

CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX SATELLITES OPTIQUES HR et THR |

	Pleiades k	Spot 1 à 3 k	Spot 4 k	Spot 5 k	Spot 6-7 k	RapidEye k	Worldview 3 k	GeoEye 1 k	Quickbird k	Ikonos k
Nombre de satellites	2T									
Propriétaire k	France T	France T	France T	France T	France T	AT	USA T	USA T	USA T	USA T
Orbite k	Polaire Heliosynchrone T	Polaire Heliosynchrone T	Polaire T Heliosynchrone T	Polaire Heliosynchrone T	Polaire T Heliosynchrone T	Polaire Heliosynchrone T	Polaire Heliosynchrone T	Polaire T Heliosynchrone T	Polaire T Heliosynchrone T	Polaire T Heliosynchrone T
Altitude k	694 km T	832 km T		822 km T			617 km T	770 km T	450 - 482 km T	681 km T
Heure survol k	10h30 TU en France T	10h30 a l'equateur heure locale T	10h30 a l'equateur heure locale T	10h30 a l'equateur heure locale T	entre 10h et 11h en France T	equateur à 11h environ T heure localeT	13h30 à l'equateur T	10h30 à T l'equateur T	10h30 à l'equateur T	10h30 à l'equateur T heure solaire T
Fréquence de k revisite k	2 à 3j avec un angle de 30° (1 pix= 93 cm)T 3 à 4j avec un angle de 20° (1 pix= 79 cm) T	2 à 3j selon latitude T	5j T	2 à 3j selon latitude T		8jT 5,5j au nadir T		3j??? T	1 à 3,5j selon la T latitude T	3j à 40° de latitude T
Durée d'un cycle complet	26j T	26j T	26j T							
Emprise de la fauchée	20 x 20 km au nadir - 20x300 km de long max T		60x60 km à T 220x170 km T	60x60 km à 80 km selon T latitude T	60x60 km au nadir T	77x77 km T	66,5 x 112 km à 30° T	15x15 km T	16,5x16,5km à T 16,5x18 km T	11,3x13,8 km T
Nombre de canaux	5T	4T	5T	5T	5T	5T	29 (hyperspectral)T	5T	5T	5T
Type de canaux k	RVB,PIR, Pan T	R, V, PIR, Pan T	R, V, PIR, MIR, Pan T	B2 (R), B1(V), B3(PIR), B4 T (SWIR), P (Pan) T	RVB, PIR, Pan T	RVB, Bord rouge, PIR T	R, Bord rouge, cotier, B, T V, Jaune, PIR1, PIR2, Pan T + 8 SWIR + 12 CAVIS T	RVB, PIR, Pan T	RVB, PIR, Pan T	RVB, PIR, Pan T
Résolution k bande Panchrom k	0,7 m T reecchantillonné à 0,5 m T	10 m T	10 m T	5 m au nadir T	1,5 m T	SANS OBJET T	0,31 m au nadir T 0,34 m à 20° T	0,46 m au nadir T	0,61 m au nadir T 0,72 m à 20° T	0,82 m au nadir T 1m à 26° T
Résolution VIS k	XS: 2,8m reecchantillonnées à 2 m T	20 m T	20 m T	10 m au nadir T	6 m T	6,5m au nadir T 5 m orthorectifié T	1,24 m au nadir T 1,38 m à 20° T	1,84 m au nadir T	2,44 m au nadirT 2,88 m à 20° T	3,28 m au nadirT 4 m à 26° T
Résolution IR k			IDEM MS T	PIR: 10 m au nadir T WIR: 20 m au nadir T	IDEM MS T	IDEM MS T	SWIR: 3,7 m au nadir T 4,1 m à 20°T CAVIS 30 m au nadir T	IDEM MS T	IDEM MS T	IDEM MS T
Dates k acquisition k	<u>Pleiades 1A</u> : 16 decembre 2011 - , T <u>Pleiades 1B</u> : 2 decembre 2012 -T	<u>pot 1</u> : 22 fevrier 1986 - T 2003T <u>pot 2</u> : 22 janvier 1990 - juill T 2009T <u>pot 3</u> : 26 septembre 1993 - T nov 1996T	23 mars 1998 - T janvier 2013 T	3 mai 2012- 2015 T	Spot 6: 9 T septembre 2012, T Spot 7: 30 juin 2014 - T	29 aout 2008-T	13 aout 2014- T	6 septembre 2008	18 octobre 2001- T	24 septembre 1999- T
Angle k 'incidence max	30° T	31° T		27°T		20° T			30° T	
Disponibilité GEOSUD	X T		X T	X T	X T	X T				
Produit k roposé k fournisseur k	Images géoréférencées RGET Images orthorectifiées T Fusions à 50 cm T		Images T orthorectifiées T	Images orthorectifiées T	Images T orthorectifiées T					

CARACTERISTIQUES DES PRINCIPAUX SATELLITES OPTIQUES HAUTE/ MOYENNE/BASSE RESOLUTION

	Landsat 1 a 3 o niveau 1 MMS) o	Landsat 4 a 5 o TM o	Landsat 7 o ETM+ o	Landsat 8 o LCDM o	Aster o	Sentinel 2 o	Sentinel 3 o	
Nombre de satellite						2j	2j	
Proprietaire o	USA j	USA j	USA j	USA j	USA / Japon	UE j	UE j	
Orbite o	Polaire Heliosynchrone j	Polaire j Heliosynchrone j	Polaire j Heliosynchrone j	Polaire j Heliosynchrone j		Polaire Heliosynchrone j	Polaire Heliosynchrone j	
Altitude		705 km j	705 km j	705 km j	705 km j	786 kmj	814 kmj	
Heure survol France					10h30 j			
Fréquence de revisite o						10 j / 5j (2 satellites)j	1 à 2j	
Durée d'un cycle complet	16j j	16j j	16j j	16j j	16j j		27j j	
Emprise de la fauchée o	185x 185 km j	185x 185 km j	185x 185 km j	185x185 km j	60x60 km j	290x290 km j	1270x1270 km (OLCI)j 1400x1400 km (SLSTR) j	
Nombre de canaux o	4j	7j	8j	11j	14j	13j	21 (OLCI) +j 9 (SLSTR)j	R dar altimetre: marge d erreur de 3j cm;j SLSTR: 3 canaux VIS et PIR, 3 canaux SWIR, 3 canaux MIR-IRTj
Type de canaux o	2VIS +2 PIR? j	3VIS, 1PIR, 3 MIR, j 1IRT? j	3 VIS, 1 PIR, 2 j MIR, 1IRT, 1 Pan j	8 MS (4 VIS, 1 j PIR, 3 MIR), 1 j an, 2 IRT j	2 VIS, 2 PIR, j 6 SWIR, 4 IRT	RVB, PIR, MIR	R dar, VIS, PIR, j SWIR, MIR, IRTj	Sar R dar Altimeter (SRAL), j Sea and Lans Surface Temprature j Radiometer (SLSTR), j Ocean and Land Color Instrument - j couleur des océans (OLCI), j Microwave Radiometer (MWR) j
Résolution Pan o	40 m j	SANS OBJET j	15 m j	15 m j	SANS OBJET j	SANS OBJET j	SANS OBJETj	300m (OLCI);j
Résolution VIS	80 m j	30 m j	30 m j	30 m j	15 m j	10 mj	500 mj	1420 km nadir, 180 km dual, 500m j VIS/ PIR to SWIR, 1km MIR et IRT j (SLSTR); 300 mx1,64km (SRAL et MWR) j
Résolution IR o	SANS OBJET (?) j	120 m (IRT) j	100 m (IRT) j	60 m (IRT) j	15m PIR, j 30m SWIR, j 90m IRT j	10 m (IR), 3 bandes à 60 m,j 6 bandes à 20 mj	500m à 1 kmj	
Dates aquisition o	1972-93 j	1982-2013 j	1998- j	2013- j	1999j	<u>Sentinel 2A</u> : 23 juin 2015 - , j <u>Sentinel 2B</u> : 7 mars 2017 -j	<u>Sentinel 3A</u> : 16 février 2016 - , j <u>Sentinel 3B</u> : mars 2018? -j	
Angle d'incidence max o								
Disponibilité PEPS o CNESo						Xj	Xj	
Disponibilité USGS	X j	X j	X j	X j				

4. L'hyperspectral

A RETENIR

L'imagerie hyperspectrale est une technique combinant l'imagerie et la spectroscopie où un e image est prise pour une bande étroite du spectre électromagnétique. **L'imagerie hyperspectrale permet donc de « voir » un très grand nombre d'informations dans les domaines du visible et de l'infrarouge avec un niveau de détail plus fin qu'avec du multispectral.**

Technique principalement utilisée par le monde de la recherche et pour quelques thématiques comme l'estimation de la bathymétrie, l'étude des habitats côtiers, des algues et récifs coralliens, la biodiversité et l'état sanitaire, la réflectance de fond, mesure de la turbidité.

L'imagerie hyperspectrale est en mesure de **pénétrer l'eau**. Une profondeur d'une **petite dizaine de mètres** semble admise dans la bibliographie en fonction de la turbidité de l'eau.

La quantité de données à traiter est importante et complexe, ce qui pose des problèmes à la fois de diffusion, mais aussi de capacité à analyser.

Le recours aux capteurs embarqués sur des satellites (Sentinel 3) ne semble pas la solution car leur résolution est de l'ordre de plusieurs centaines de mètres. Pour améliorer la résolution, les capteurs doivent être embarqués à bord d'avions mais alors **il est impossible de combiner un vol classique de type RVB et IRC avec un vol de type hyperspectral** puisque les axes de vols ne sont pas les mêmes et les altitudes de vols sont différentes. Pour l'ortho littorale, cela signifierait 2 vols systématiquement ...

RECOMMANDATIONS

Il semble impossible actuellement d'avoir recours à l'imagerie hyperspectrale sur l'ensemble du projet de l'ortho littorale V3.

Une possibilité d'ouverture serait de proposer, en option du cahier des charges de l'ortho littorale V3, la réalisation d'une zone test sur un secteur en Méditerranée de manière à vérifier l'apport de ces capteurs pour pénétrer les eaux d'une part, et pour déterminer les herbiers de posidonies d'autre part.

Une autre possibilité serait de pré-identifier quelques zones à enjeux et d'analyser les images de Sentinel 3 pour vérifier les apports de ce type de capteur même si les résolutions sont de plusieurs centaines de mètres.

Opportunité d'introduction de capteurs hyperspectraux dans l'ortholittorale V3

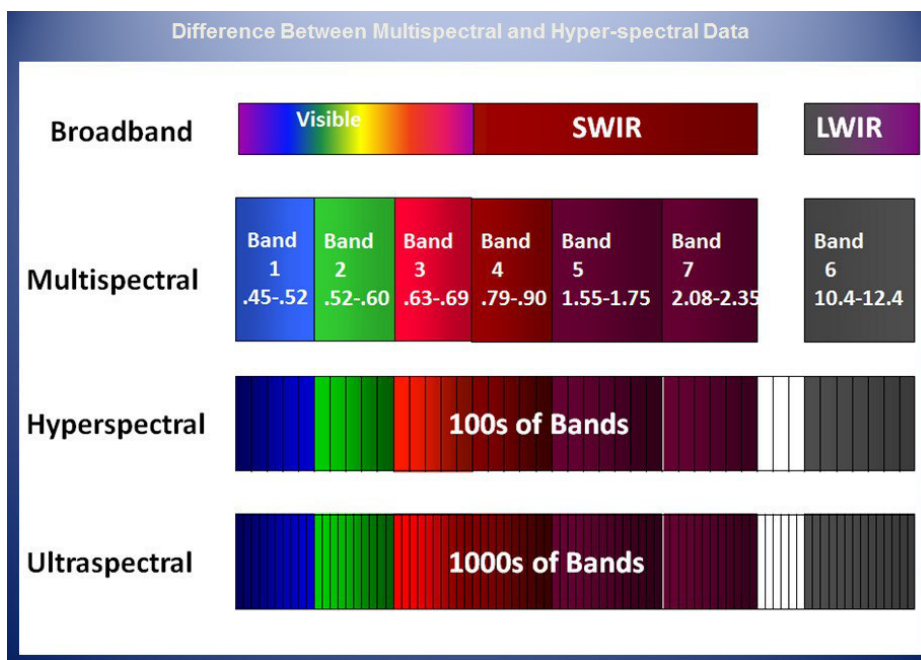
- **Définition de l'hyperspectral**

L'imagerie hyperspectrale est une technique combinant l'imagerie et la spectroscopie où une image est prise pour une bande étroite du spectre électromagnétique.

Les images hyperspectrales ont la particularité de combiner les caractéristiques suivantes :

- grand nombre de bandes spectrales,
- bandes étroites ($\leq 10\text{nm}$),
- bandes contiguës (acquisition d'un spectre continu)

L'imagerie hyperspectrale permet donc de « voir » un très grand nombre d'informations dans les domaines du visible et de l'infrarouge.



Spécificités spectrales des différents types de capteurs

- **Les avantages**

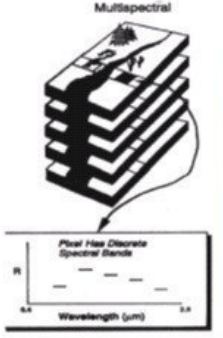
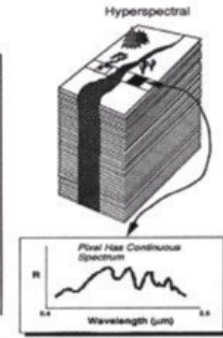
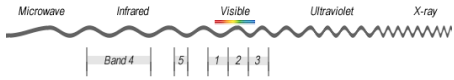
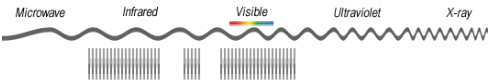
Le niveau de détail est beaucoup plus élevé avec un capteur hyperspectral qu'avec un capteur multispectral.

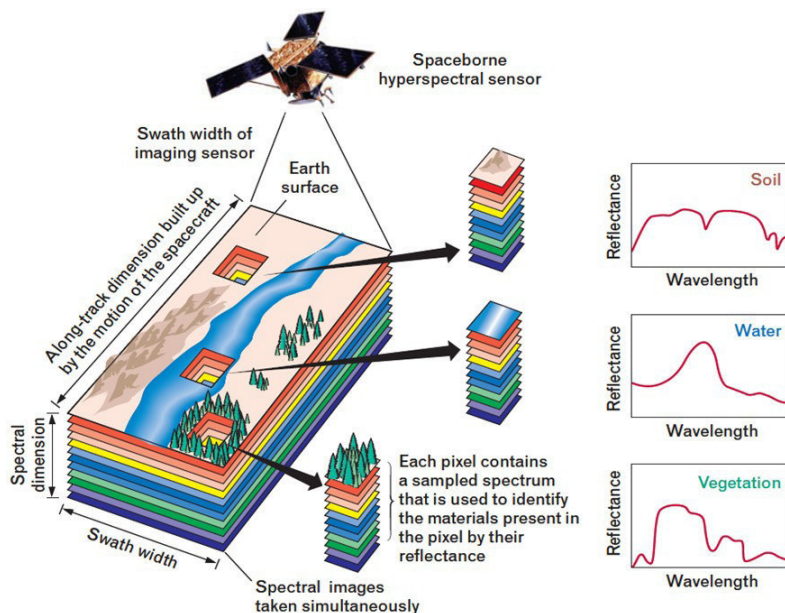
L'imagerie hyperspectrale permet de caractériser les objets d'une scène avec une extrême précision. Une image permet ainsi de reconnaître dans chaque pixel la « signature spectrale » des constituants qu'il contient, c'est-à-dire de les identifier. Le niveau de détail de la signature spectrale d'un pixel est donc bien plus important qu'avec un capteur multispectral. L'imagerie hyperspectrale permet d'améliorer considérablement la capacité à discriminer et classer les objets d'une scène et permet d'augmenter le nombre de classe dans la nomenclature. Une scène acquise en mode hyperspectral permettra donc d'effectuer une analyse plus approfondie.

Grâce à l'amplitude du signal il est aussi possible de déterminer la concentration des éléments, et donner ainsi une dimension quantitative à la cartographie.

En revanche, le très grand nombre de bandes augmente la complexité du traitement.

Les différences entre une image multispectrale et une image hyperspectrale sont les suivantes :

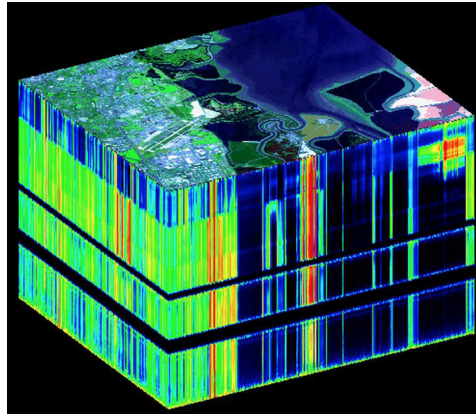
	Image multispectrale	Image hyperspectrale
Nombre de bandes	4 à 10	Plusieurs dizaines à plusieurs centaines
		
Largeur des bandes	Larges (plusieurs dizaines à plusieurs centaines de nm)	Très étroites (10-20 nm)
		
Continuité des bandes	Discontinues	Continues
Information / pixel	Autant que le nombre de bandes	Autant que le nombre de bandes
Information / scène	Quantité moyenne d'objet discriminés	Très grande quantité d'objet discriminés
Complexité traitement	Maîtrisé	Important et restreint au secteur de la recherche



Information sur la part de chaque type d'objet contenu dans un pixel grâce à l'hyperspectral

Le concept du cube hyperspectral :

Chaque image collectée par un capteur représente une bande spectrale (une plage de longueur d'onde étroite du spectre électromagnétique). Ces images sont combinées pour former un cube hyperspectral en 3 dimensions : x et y sont les dimensions spatiales de la scène et λ la dimension spectrale (comprenant une plage de longueur d'ondes).



Exemple de cube hyperspectral

- **Les applications**

En zone littorale, l'hyperspectral est utilisé dans le domaine de la recherche, essentiellement, et pour l'étude de différentes thématiques parmi lesquelles l'estimation de la bathymétrie, l'étude des habitats côtiers, des algues et récifs coralliens, la biodiversité et l'état sanitaire, la réflectance de fond, mesure de la turbidité (fragment minéral en suspension, contenu organique)...

De même que les capteurs hyperspectraux embarqués sur des satellites, les caméras hyperspectrales peuvent être embarquées sur drones, ainsi qu'à bord d'avion lors de prises de vue aériennes. Aujourd'hui les capteurs hyperspectraux français/ européens dont les données sont facilement accessibles pour les institutionnels ont une résolution spatiale de l'ordre de plusieurs centaines de mètres (Sentinel 3), ce qui n'est pas suffisant pour un grand nombre de projets. C'est pourquoi les recours aux caméras embarquées en PVA se multiplient.

Les méthodes courantes

On remarquera que, sur le plan méthodologique, les données hyperspectrales sont généralement couplées à des relevés au spectromètre, sur le terrain, permettant ainsi de fabriquer une bibliothèque de signatures spectrales. Une fois la signature spectrale de chaque objet identifiée sur le terrain, ces mêmes signatures sont recherchées sur une bande de l'hyperspectrale, permettant ainsi de localiser et quantifier l'objet sur la scène.

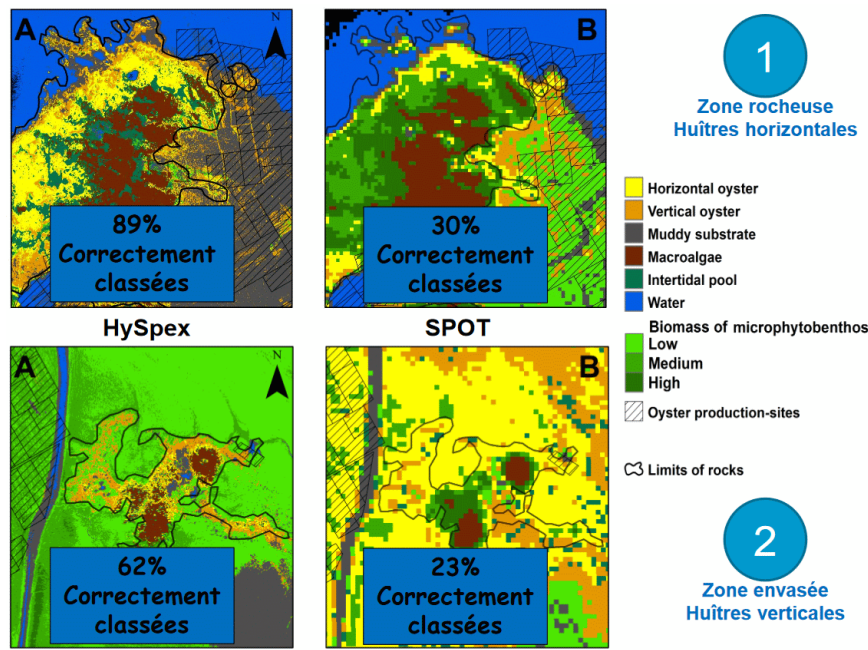
Exemples d'étude montrant les performances de l'hyperspectral vis-à-vis du multispectral :

- **1/ Comparaison des résolutions multispectrales et hyperspectrales pour la cartographie des récifs d'huîtres sauvages (Univ. Nantes, CNRS, LETG...)**
Anthony LE BRIS :

Données et méthodes :

- acquisition in situ d'une librairie spectrale
- comparaison d'un capteur aéroporté HySpex (160 bandes spectrales, 1m de résolution spatiale) vs. Image Spot (3 bandes spectrales, 10-20m de résolution spatiale)

Résultat : classification plus performante avec le multispectral et rôle de la résolution spectrale supérieur au rôle de la résolution spatiale.

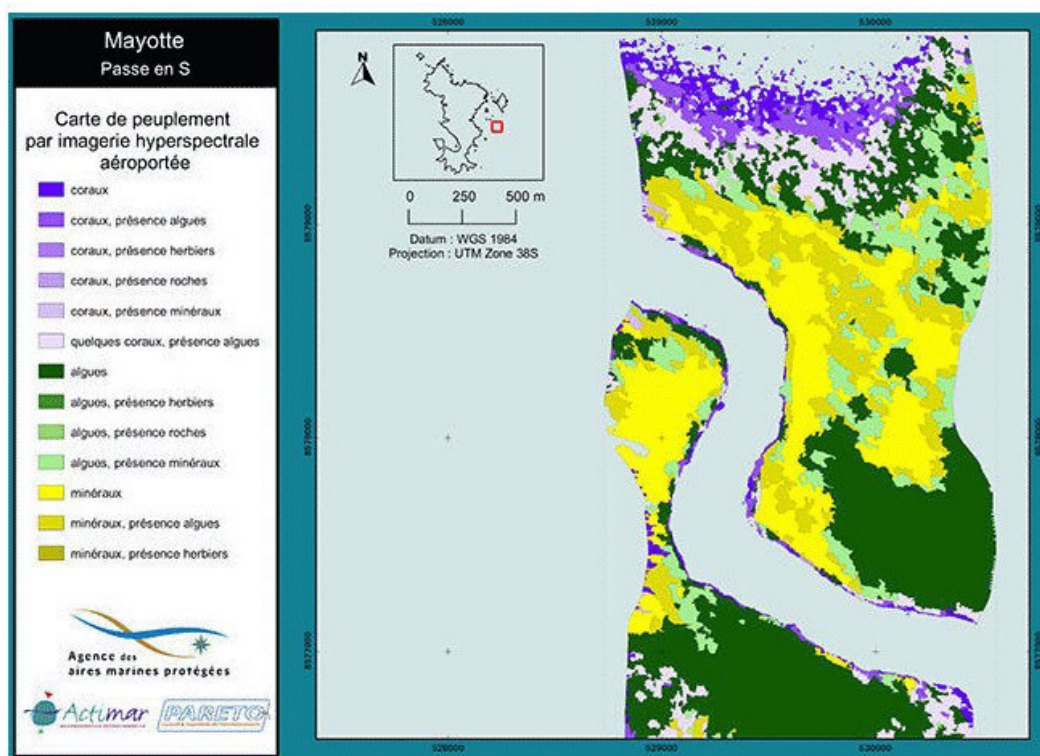


• **2/ Cartographie des habitats benthiques des îles française de l'océan indien par télédétection hyperspectrale (Refcar : projet R&D) / site AFB**

Données et méthodes :

- images aériennes hyperspectrales acquises dans le cadre de l'acquisition pour la litto3D
- création de base de données hyperspectrales et inventaire biologique par des plongeurs

Résultat : cartographie par drone aéroporté à l'aide de la bibliothèque spectrale



Carte de peuplement par imagerie hyperspectrale aéroportée.

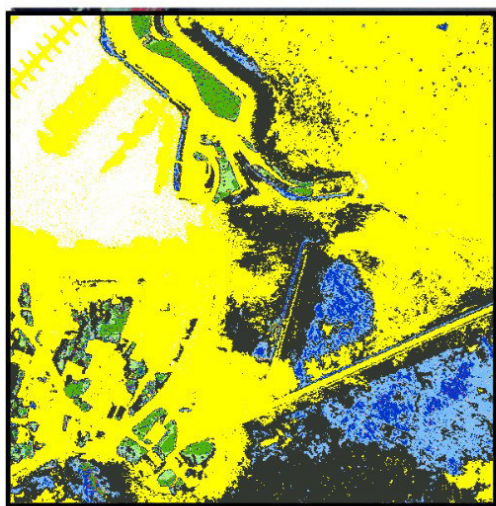
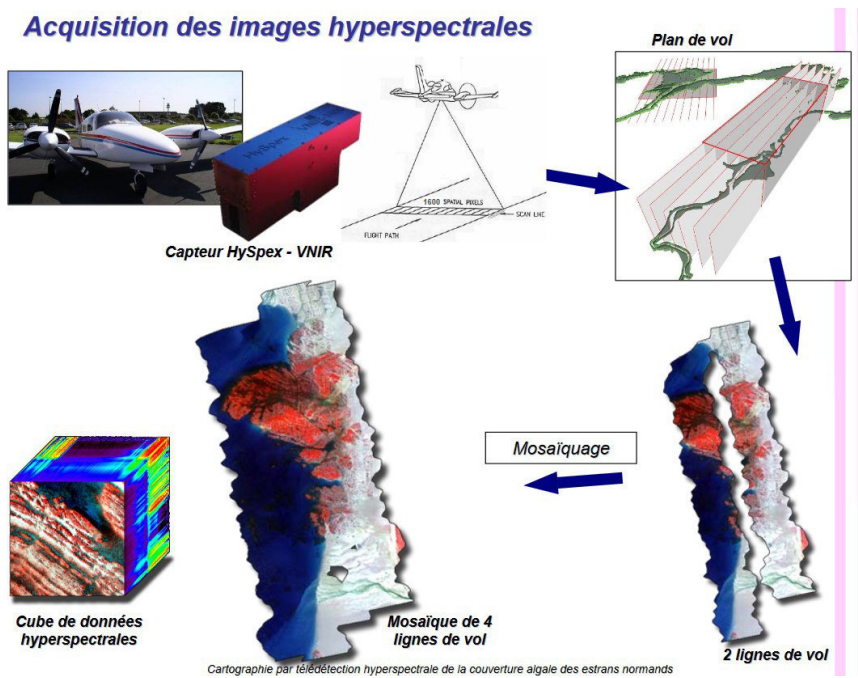
- 3/ Cartographie des estrans rocheux de Normandie par télédétection hyperspectrale (projet Carhamb'ar), Pascal MOUQUET

Données et méthodes :

- Utilisation capteur aérien HySpex – VNIR (60 cm, 160 bandes)
- Création d'une bibliothèque hyperspectrale sur le terrain

Résultat : cartographie par combinaison des données

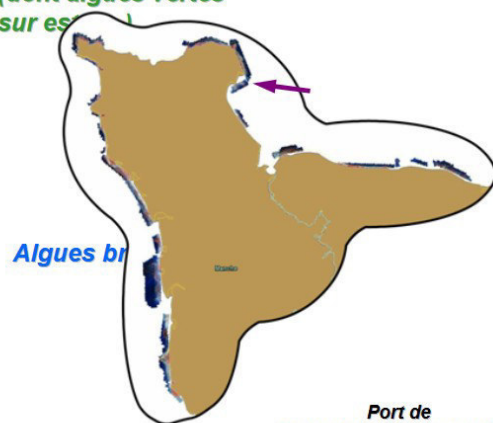
Acquisition des images hyperspectrales



III. Résultats

Production de cartes de végétation

Végétaux verts
(dont algues vertes
sur es...)



- **Les inconvénients**

La quantité de données

Les images hypersepctrals sont très lourdes (big data), et représentent donc une très grande quantité d'information

- à acquérir : les scanners hyperspectraux (compatibles PVA) possèdent une matrice ou barrette bien plus petite que les caméras dédiées à la photogrammétrie. Le volume d'information est plus important, et pour couvrir la même zone, l'axe de vol est plus bas en altitude. Avec une prise de vues « classique » de type RVB et IR, un axe de vol est réalisé tous les 3 ou 4 km, tandis qu'avec l'hyperspectral, c'est plutôt un axe tous les 200 ou 300m.
- à traiter : la quantité de données à traiter est bien plus importante et plus complexe,
- à diffuser : comment mettre à disposition une centaine de bandes sachant que chaque utilisateur n'aura pas le même intérêt pour chaque bande, ceci en fonction de l'objet qu'il souhaite étudier

La complexité des traitements

Ce type de données, pour être correctement exploitée, nécessite de nombreux traitements, et qui combinent l'image hyper spectrale avec d'autres types de données (LIDAR, spectromètre de terrain...).

Ce type de données et son utilisation reste dans le domaine de la recherche du fait de la complexité de son utilisation. Les chaînes de traitements ne sont donc pas automatisées pour ce type d'images, car la technologie n'est pas encore assez développée et démocratisée.

La difficulté d'acquisition couplée RVB/ IRC et hyperspectral en PVA

Les capteurs multispectraux et hyperspectraux sont très différents. Il est impossible d'embarquer ces deux type de caméras pour un vol unique, car ils n'ont pas les mêmes contraintes du point de vue de l'altitude. En combinant des capteurs, un capteur limite systématiquement l'autre. Il faut envisager deux plans de vols séparés à 2 altitudes différentes.

- **Conclusion :**

L'hyperspectral représente un potentiel très performant pour discriminer des objets non identifiables avec le multispectral et pour entrer dans un niveau de détail important.

La limite de l'outil réside dans

- l'incompatibilité d'acquisition simultanée avec le multispectral traditionnel (pas les mêmes conditions de prise de vue)
- le prix (plus grand volume de données, plus de traitements plus complexes et axes de vol plus nombreux (plus de passages))
- la complexité de diffusion
- la complexité de traitements
- le risque de faible utilisation par le grand public du fait de la complexité

Actuellement l'hyperspectral reste déconnecté de l'opérationnel. Ce projet doit être réalisé en parallèle au projet RVB et IR de l'ortho littorale.

5. Traitement du dévers, des ombres, et de la réflexion spéculaire

A RETENIR

Le littoral est composé de falaises et côtes rocheuses. En projetant sur le trait de côte Histolitt les informations disponibles dans la base EuroSION, le linéaire se décompose ainsi :

Falaises et côtes rocheuses supérieures à 20 mètres :

- Façade Mer du Nord, Manche et Atlantique : 836 km
- Façade Méditerranée : 1183 km

Falaises et côtes rocheuses inférieures à 20 mètres :

- Façade Mer du Nord, Manche et Atlantique : 1074 km
- Façade Méditerranée : 503 km

RECOMMANDATIONS

Dévers :

Préciser dans le cahier des charges que l'ortho littorale devra être acquises en réduisant au maximum les dévers sur les objets verticaux en positionnant le premier axe de vol le long du trait de côte et légèrement déporté en mer, en jouant sur les caractéristiques des caméras.

Ombres portées :

Ne pas appliquer de traitements particuliers sur les zones avec ombres. Préférer une contrainte de réalisation des prises de vues lorsque les objets verticaux sont éclairés par le soleil.

Réflexion spéculaire :

L'utilisation d'une focale longue ainsi que la réalisation de prises de vue avec un angle solaire supérieur à 30° au dessus de l'horizon permet de limiter la probabilité de réflexion spéculaire sur les clichés.

Traitement du dévers

Le dévers caractérise les effets de perspective qui n'ont pu être corrigés sur les éléments verticaux du terrain. Le dévers est un défaut des orthophotographies qui peut être très gênant en milieu urbain, car de grands bâtiments peuvent masquer des éléments intéressants de leurs environnements. La réduction des dévers implique un surcoût notable car cela nécessite d'augmenter le taux de recouvrement des PVA (pourcentage de la PVA qui est également visible sur la PVA voisine).

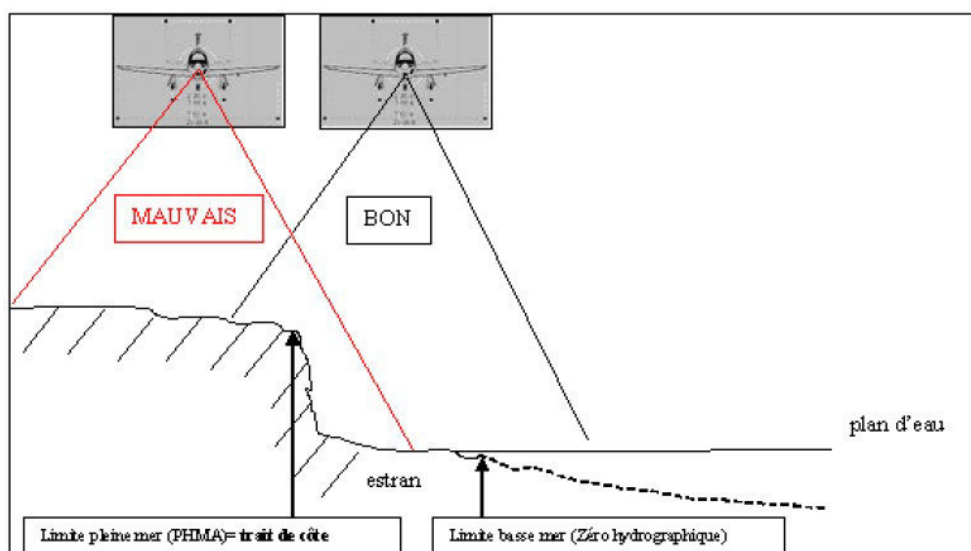
Le dévers est un défaut visible sur certaines orthophotographies qui rend difficile l'analyse des objets hauts comme un immeuble par exemple ou, plus adapté à la problématique de l'ortho littorale, comme une falaise.



Ce problème est lié à des effets de perspective qui donnent l'impression que la falaise est basculée en mer, ce qui a pour conséquence de masquer une partie de l'estran, et d'apporter une incertitude dans la position du trait de côte.

Il s'agit d'une difficulté à considérer car l'ortho littorale est utilisée pour le suivi du trait de côte. Il est donc indispensable que la position de la falaise soit la plus précise possible sur les orthophotographies.

Lors du millésime V2, le prestataire avait limité le plus possible ces dévers en positionnant le premier axe de vol légèrement décalé en mer comme exigé par une des spécifications du cahier des charges et illustré ci-après.



En complément et pour limiter encore plus le dévers, il pourrait être intéressant de préciser que le prestataire devra utiliser les meilleures caméras possibles et leurs caractéristiques.

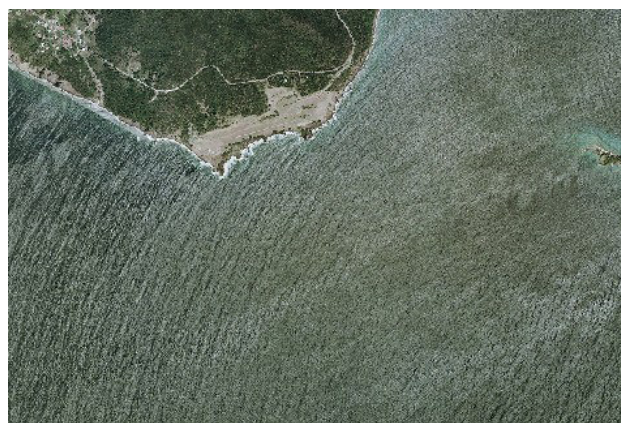
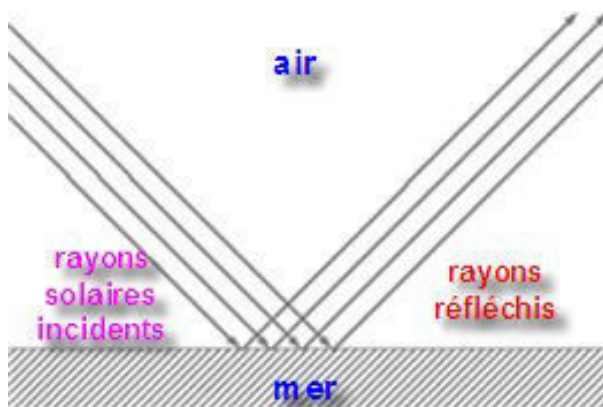
Traitement des ombres portées

Il est possible de réaliser des traitements sur les ombres portées afin de révéler les objets dans les zones d'ombre mais c'est au détriment de l'esthétique de l'image qui a tendance à tirer vers le noir et blanc.

L'idéal en zone de dévers (littoral à falaises) est de choisir de réaliser les PVA quand les falaises sont éclairées par le soleil. C'est notamment le cas sur les falaises crayeuses de Normandie lorsque le soleil est à l'Ouest donc en fin de journée, ce qui correspond aux créneaux horaires de basse mer.

Traitement de la réflexion spéculaire

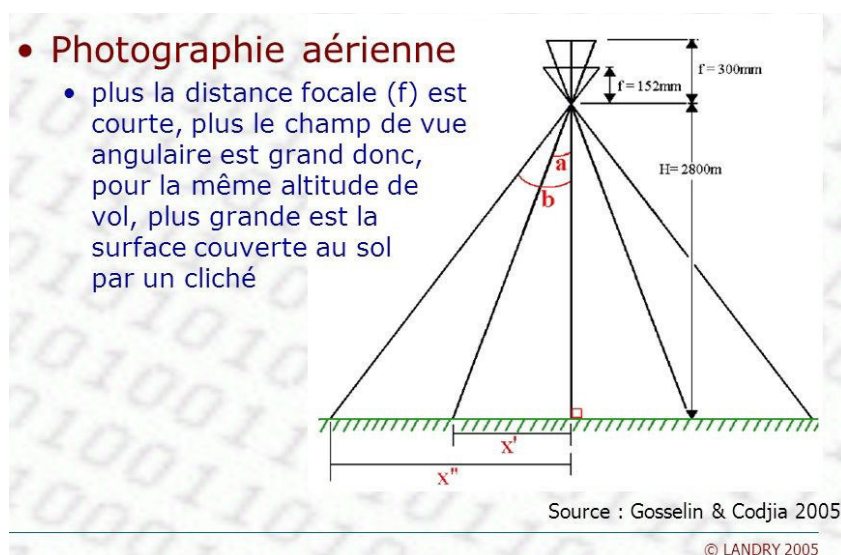
La réflexion spéculaire est la réflexion des rayons solaires sur la surface de l'eau. Cet effet de miroitement peut avoir lieu sur une mer calme dont la surface est lisse, ainsi qu'en présence de houle avec une réflexion sur les pentes des vagues.



Principe de la réflexion spéculaire

La présence d'une réflexion spéculaire entraîne une perte d'information sur la partie immergée du cliché photographique, empêchant par exemple de voir les objets pouvant se trouver sous l'eau (herbiers, zone aquacole...)

Pour minimiser le risque d'effet spéculaire l'angle d'éclairage solaire doit être supérieur à 30° au-dessus de l'horizon lors de la prise de vue. L'utilisation d'une focale fermée pourra aussi limiter la probabilité de réflexion spéculaire.



Longueur de focale et ouverture du champ

6. Emprise de l'Ortho littorale V3

Certains utilisateurs ont remonté la nécessité d'étendre l'emprise du prochain millésime de l'ortho littorale à la limite de salure dans les estuaires, aux zones basses (altitude < à 1m, voire 2m), et à quelques espaces en mer « oubliés » lors du millésime V2. Cela correspond respectivement à des surfaces de 1 000km², 5 000km² et 220km².

Pour rappel, l'emprise de l'ortho littorale V2 avait une surface totale de 29 794km² dont 1 042 km² pour la Corse qui n'a pas été réalisée.

L'ajout de ces demandes porterait l'emprise de l'ortho littorale V3 a une surface de 36 014km².

