

Rapport

Département
Environnement
et
Aménagement

Octobre
2012

CETMEF

Centre d'Études Techniques
Maritimes Et Fluviales

Partager les savoirs

Levé du trait de côte à partir de photographies aériennes orthorectifiées

*Proposition d'une méthodologie
nationale*



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

www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr

Historique des versions du document

Version	Auteur	Commentaires
v0	Jérôme REVEL (CETE SO)	Travail sur les indicateurs de position du trait de côte sur orthophotographie
v1	Céline TRMAL(CETE Méd)	Méthodologie de levé sur orthophotographie
v2	Amélie ROCHE (CETMEF)	Agrégation des deux rapports
v3	Amélie ROCHE (CETMEF)	Intégration des compléments de Céline TRMAL (tenant compte des remarques de François SABATIER, Aix-Marseille Université) et Jérôme REVEL
v4	Amélie ROCHE (CETMEF)	Intégration des remarques des relecteurs extérieurs (CETE NC : Aurélie RASPATAUD et Pierre VIGNE ; CETMEF : Céline PERHERIN)

Affaire suivie par

Amélie ROCHE – DI/IE/IAR
Tél. : 02 98 05 76 27 / fax : 02 98 05 67 21
Courriel : Amelie.Roche@developpement-durable.gouv.fr
Adresse postale : CETMEF – DI – IE – IAR 155, rue Pierre Bouguer – BP 5 29280 Plouzané

Affaire suivie par

Céline TRMAL – CETE Méditerranée/DREC/SRILH
Tél. : 04 42 24 76 77
Courriel : Celine.Trmal@developpement-durable.gouv.fr
Adresse postale : CETE Méditerranée – DREC – SRILH 30 avenue Albert Einstein – CS 70499 13791 Aix en Provence CEDEX 03

Affaire suivie par

Jérôme REVEL – CETE SO/LRB/GEOTECH
Tél. : 05 56 70 63 83 / fax : 05 56 70 63 33
Courriel : Jerome.Revel@developpement-durable.gouv.fr
Adresse postale : CETE SO – LRB – GEOTECH Rue Pierre Ramond – CS 60013 33166 ST-MEDARD-EN-JALLES CEDEX

Référence Intranet

http://intra.cetmef.i2/

Sommaire

1. OBJECTIF DU RAPPORT.....	5
2. LES DIFFÉRENTS SUPPORTS D'INTERPRÉTATION.....	5
2.1 Les supports cartographiques.....	6
2.1.1 Scan 25® (IGN).....	6
2.1.2 Les cartes anciennes.....	7
2.2 Les couches d'information géographique disponibles : description.....	7
2.2.1 BdTopo® (tronçon-laisse.tab).....	8
2.2.2 BdCarto® (laisse.tab).....	9
2.2.3 Histolitt® V.2.0.....	9
2.3 Imagerie et photographies aériennes : description de 5 supports.....	9
2.3.1 BdOrtho® (IGN).....	9
2.3.2 L'Ortho Littorale.....	10
2.3.3 L'imagerie satellite.....	12
2.3.4 Photographies aériennes obliques ponctuelles et iconographies.....	12
2.3.5 Photographies au sol ponctuelles et iconographies.....	12
2.3.6 Photographies aériennes verticales et stéréoscopie.....	12
2.4 Conclusion sur l'utilité de l'exploitation de photographies aériennes orthorectifiées	13
3. MÉTHODOLOGIE POUR LEVER LES INDICATEURS DE POSITION DU TRAIT DE CÔTE.....	14
3.1 Les différents types d'indicateurs.....	14
3.1.1 Les indicateurs hydriques instantanés.....	14
3.1.2 Les indicateurs morphologiques.....	14
3.1.3 Les indicateurs liés à la végétation.....	15
3.1.4 Les côtes artificialisées.....	15
3.2 Photo-interprétation de la position du trait de côte.....	15
3.2.1 Méthode de relevé sur les côtes basses.....	17
3.2.1.a. En régime microtidal.....	17
3.2.1.b. En régime macrotidal.....	18
3.2.2 Méthode de relevé sur les côtes à falaises.....	23
3.2.3 Autres contextes géomorphologiques particuliers.....	26
3.2.3.a. Cas des embouchures, estuaires et deltas.....	26
3.2.3.b. Cas des mangroves.....	27
3.2.4 Méthode de relevé sur les côtes artificialisées.....	27
3.2.4.a. Interruption au passage d'un port ou d'un ouvrage se substituant au trait de côte.....	27
3.2.4.b. Interruption au passage d'ouvrages côtiers transversaux.....	28
3.2.4.c. Interruption au passage d'ouvrages côtiers longitudinaux ne se substituant pas au trait de côte.....	29
3.2.4.d. Levé des ouvrages ou aménagements côtiers se substituant au trait de côte.....	29
4. SPÉCIFICATIONS POUR LA DIGITALISATION DU TRAIT DE CÔTE.....	31
4.1 Digitalisation.....	31
4.2 Remplissage des champs de la table attributaire « trait de côte ».....	31
4.3 Spécifications relatives à la table attributaire « ouvrages et aménagements côtiers »	

.....	32
4.5 Format des couches SIG pour les traits de côte et les ouvrages.....	32
5. ANNEXES.....	34
5.1 Tableaux d'indicateurs de position du trait de côte pour chaque type de côte.....	34
5.2 Ensemble des champs retenus en entrée du logiciel MobiTC.....	35
5.3 Bibliographie.....	36

1. Objectif du rapport

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du groupe de travail coordonné par le CETMEF pour la réalisation de deux actions de l'axe A de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte : l'actualisation du « Catalogue sédimentologique des côtes françaises » et l'identification des territoires à risque d'érosion.

L'objectif de ce rapport est de proposer une méthodologie pour la photo-interprétation des « indicateurs de position du trait de côte » sur des photographies aériennes et ainsi permettre de réaliser une synthèse nationale de l'évolution du trait de côte. En effet, il a été décidé, en amont des deux actions citées ci-dessus, de réaliser la digitalisation d'au moins deux traits de côte historiques par photo-interprétation à partir d'orthophotographies, sur l'ensemble du littoral métropolitain et des DOM/COM. Ce rapport définit ainsi un cahier des charges pour la digitalisation des traits de côte afin de pouvoir ensuite les utiliser pour calculer l'évolution du littoral à l'aide de l'outil « MobiTC », développé par le CETE Méditerranée. Le support de type « photographie aérienne » sera ainsi privilégié dans cette méthodologie.

Le « trait de côte » est la limite géographique entre le domaine marin et le domaine continental. Cette limite est définie par le SHOM (Service Hydrographique et Océanographique de la Marine) comme correspondant « à la laisse des plus hautes mers dans le cas d'une marée astronomique de coefficient 120 et dans des conditions météorologiques normales (pas de vent du large, pas de dépression atmosphérique susceptible d'élever le niveau de la mer) ». C'est une définition théorique dont la représentation nécessite une modélisation hydraulique et un modèle numérique de terrain précis. De manière générale, cette définition n'est pas facilement accessible sur le terrain et il est nécessaire de travailler sur des indicateurs permettant d'approcher la position du « trait de côte ». Ces indicateurs peuvent être déterminés dans le cadre de la photo-interprétation. Nous ne parlerons donc plus dans le texte à suivre que d'indicateurs de position du trait de côte pour s'affranchir de cette définition.

Ce rapport présente dans une première partie (chapitre 2), de façon non exhaustive, les différents supports sur lesquels la position du trait de côte peut être analysée (cartes anciennes, cartes actuelles, bases de données, photographies aériennes...). Une seconde partie est consacrée aux indicateurs de position du trait de côte et la méthodologie de levé du trait de côte sur orthophotographie à proprement parler (chapitre 3). Les indicateurs choisis tiennent compte de la réalité du terrain et pourront être levés sur le terrain afin de valider les résultats. Enfin, une dernière partie (chapitre 4) est consacrée aux spécifications techniques pour la digitalisation du trait de côte (réalisation de tables d'information géographique).

Ce rapport est issu du travail conjoint réalisé par le CETE Sud-Ouest (partie supports et indicateurs) et le CETE Méditerranée (partie digitalisation). Il sera complété par un document spécifique à l'analyse de l'évolution historique du trait de côte dans le cadre de l'identification des territoires à risque d'érosion au niveau national.

2. Les différents supports d'interprétation

Il est possible de relever la position probable du trait de côte sur différents supports ; chacun propose des indicateurs de position du trait de côte différents (Illustration 1). Il s'agit donc d'une part de bien identifier le support et les indicateurs qu'il offre afin de garantir une analyse rigoureuse de l'évolution du trait de côte par la suite (comparaison d'indicateurs cohérents).

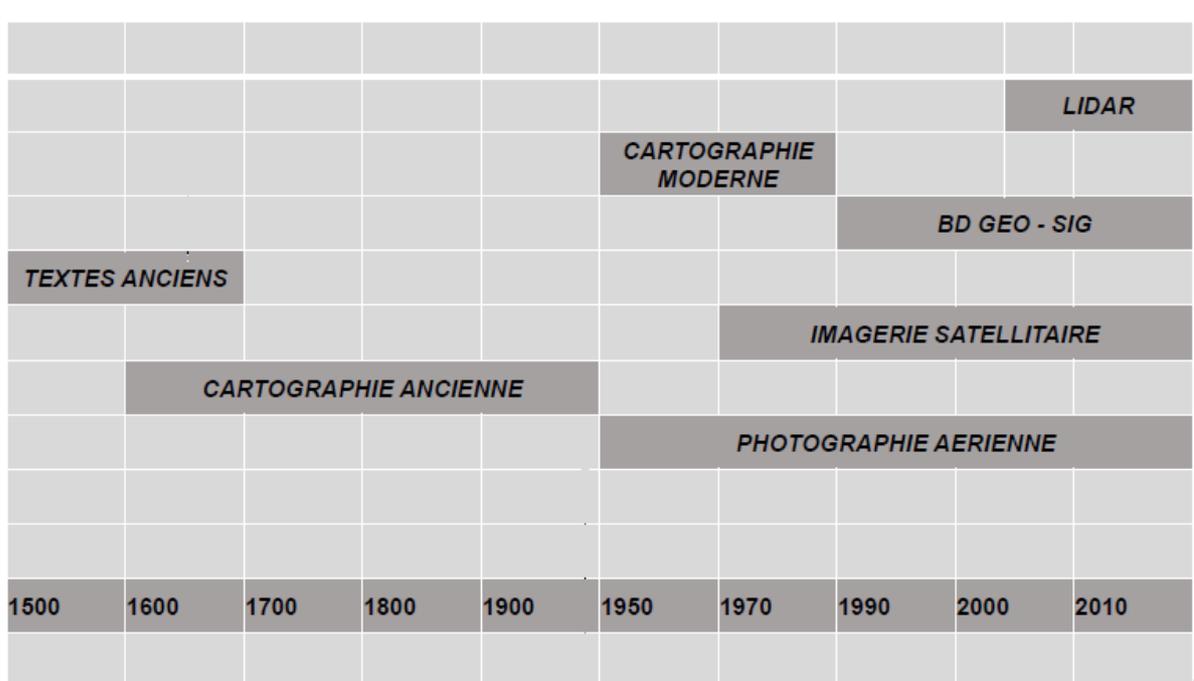


Illustration 1 : Les différents supports en fonction du temps

2.1 Les supports cartographiques

2.1.1 Scan 25[®] (IGN)

Le Scan 25[®] présente les deux « cotes 0 » :

- le 0 hydrographique (ou niveau des plus basses mers astronomiques) : ce niveau a été déterminé par les hydrographes à partir de 1838 par des mesures marégraphiques locales effectuées dans « les ports de référence ». Ces zéros, définis anciennement, sont toujours actuellement adoptés pour les cartes marines françaises sauf pour certaines zones : abords de Brest et de Saint-Nazaire, pour lesquels au 1^{er} janvier 1996 des corrections ont été apportées pour corriger des écarts importants entre le niveau des plus basses mers astronomiques et le zéro hydrographique historique. Il sert, en outre, de référence pour la limite basse de l'estran. Il est représenté en bleu sur la carte (Illustration 2).

NB : ce niveau est généralement déterminé pour des besoins de sécurité de la navigation et peut à ce titre être majoré d'une « marge de sécurité ». Ainsi, il peut être notablement différent de mesures réalisées directement sur le terrain.

- le 0 IGN (ou NGF) : il est déterminé à partir du niveau moyen de la mer à Marseille à la fin du XIX^{ème} siècle. Il a été transporté par nivellement à l'ensemble de la France et constitue donc la base du référentiel terrestre des altitudes. Le dernier nivellement est l'IGN69. Il est représenté en marron sur la carte (Illustration 2).

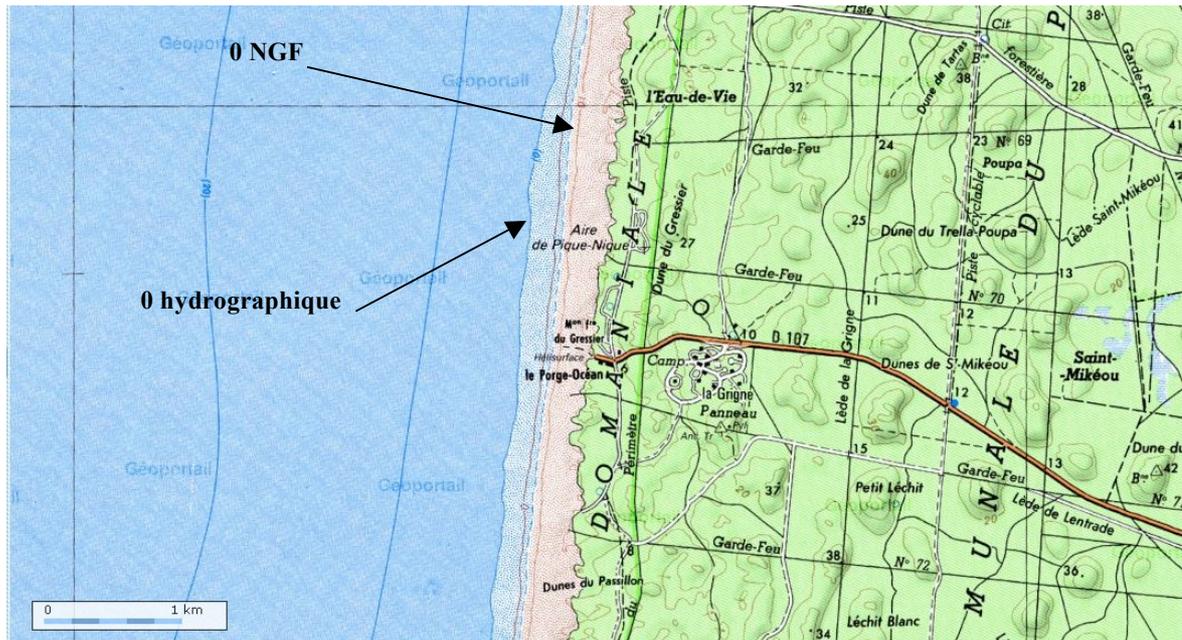


Illustration 2 : Extraits du Scan 25[®] IGN (Géoportail) : en bleu le 0 hydrographique et en marron le 0 NGF

Ces deux limites ne semblent pas représenter le trait de côte tel que défini par le SHOM. Une ligne en pointillé bleu (non définie dans la légende par l'IGN) s'approcherait de la définition du trait de côte mais ne correspond en fait qu'au résultat de la restitution photogrammétrique d'un objet discernable sur les photographies aériennes (laisse de pleine mer du jour de la prise de vue).

2.1.2 Les cartes anciennes

Les cartes les plus anciennes (Cassini, Beautemps-Beaupré, État Major...) sont issues des premières triangulations du territoire français aux XVII^{ème} et XVIII^{ème} siècles. Pour les utiliser dans le cadre d'études sur la mobilité du trait de côte, il faut se renseigner sur la méthode de relevé et sur la nature des éléments cartographiés.

Des sites Internet (geoportail.fr, cassini.ehess.fr, cartanciennes.free.fr ...) permettent de visualiser et/ou télécharger des cartes anciennes.

Malgré tout, les éléments anciens, quelle que soit leur précision, posent des problèmes de calage mais peuvent donner des éléments qualitatifs sur l'évolution générale du trait de côte (Illustration 3).

2.2 Les couches d'information géographique disponibles : description

L'avantage des bases de données, BdTopo[®] (IGN), BdCarto[®] (IGN) et Histolitt[®] (SHOM-IGN), réside dans leur couverture nationale et leur facilité d'accès, notamment pour les services du Ministère de l'Écologie. En particulier, Histolitt[®] est téléchargeable (via le portail IGN et SHOM) sous sa version 2.0 gratuitement. Ces bases de données nationales particulières possèdent une couche d'information géographique pouvant servir à déterminer la position du trait de côte.

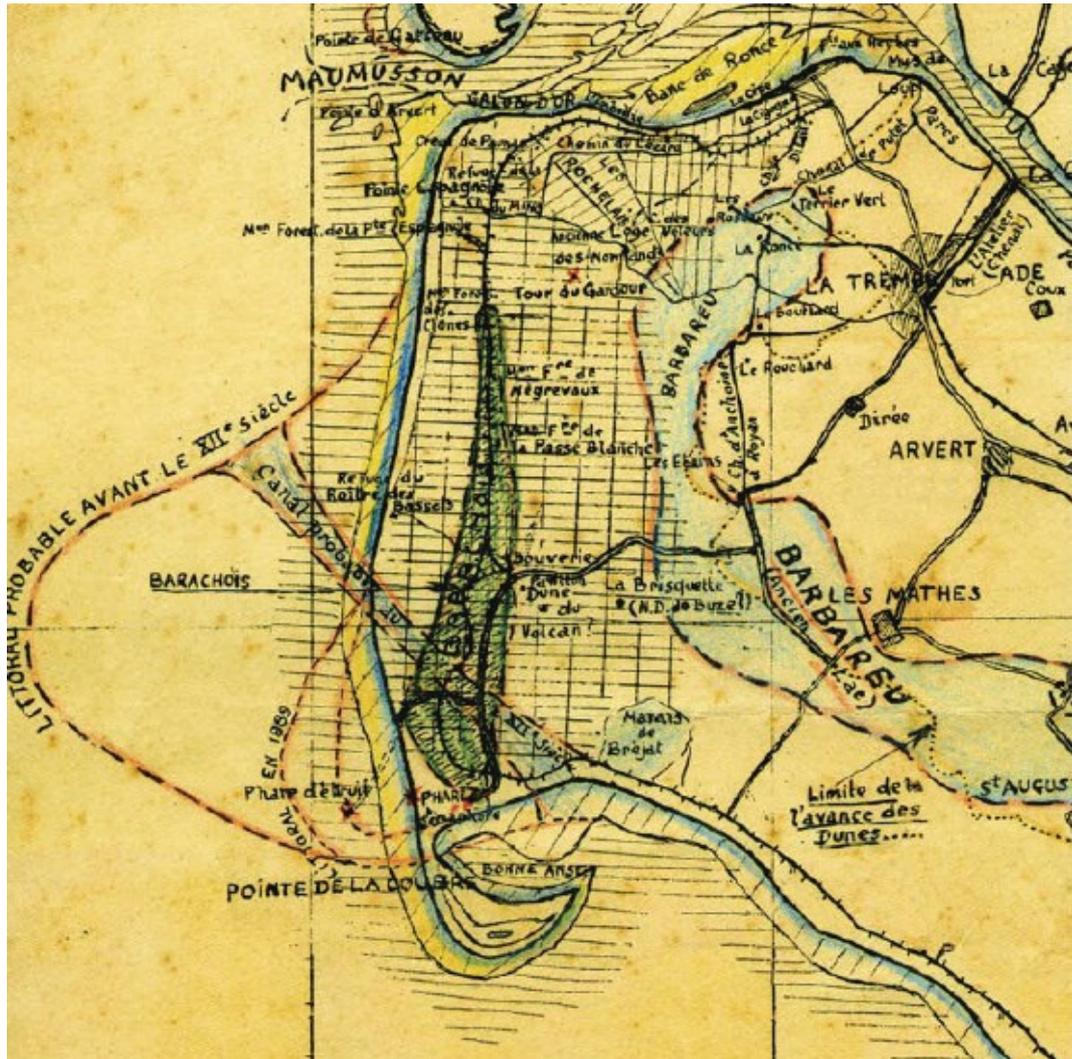


Illustration 3 : Éléments cartographiques anciens sur l'évolution du littoral entre le Pertuis de Maumusson et la Pointe de la Coubre (17, Source : <http://www.pays-royannais-patrimoine.com/>)

2.2.1 BdTopo® (tronçon-laisse.tab)

Elle représente la laisse des plus hautes mers et la laisse des plus basses mers :

- la laisse des plus hautes mers est définie par une altitude théorique modélisée. Les métadonnées de l'IGN ne précisent pas les paramètres du modèle. Elles indiquent qu'elles représentent le haut de l'estran. La laisse est restituée de la même façon qu'une courbe de niveau sauf lorsque les ouvrages (digues...) ont été construits pour éviter que la mer ne puisse pénétrer trop loin à l'intérieur des terres. Dans ce cas, elle prend la géométrie de la construction.
- la laisse des plus basses mers est issue des données du SHOM. Actuellement, elle est numérisée à partir des cartes IGN au 1/25000^e (comme des courbes bathymétriques) dont le report provient des cartes marines du SHOM.

2.2.2 BdCarto[®] (laisse.tab)

Elle représente la laisse des plus hautes mers et la laisse des plus basses mers, la laisse des plus basses mers n'étant saisie que lorsqu'elle est séparée de plus de 100 m de la laisse des plus hautes mers.

2.2.3 Histolitt[®] V.2.0

C'est un produit réalisé conjointement par le SHOM et l'IGN. Il représente le trait de côte théorique en utilisant des sources différentes (BdTopo[®], BdOrtho[®] et les cartes marines) à des échelles différentes. La construction d'Histolitt[®] est réalisée au 1/25000^e sous un fond d'image de la BdOrtho[®]. Elle consiste à mettre à jour le TC25000^e du SHOM par la BdTopo[®] lorsque celle-ci est de qualité géométrique ostensiblement meilleure.

Les 3 couches d'information géographique décrites représentent des éléments similaires (laisses de basses et hautes mers) mais ne sont pas systématiquement superposables ou présentent des contours plus ou moins généralisés. Ceci est dû à la vocation de ces données et donc à leur mode de production : échelle de saisie plus ou moins grande et donc précision plus ou moins importante (Illustration 4). Histolitt[®] V.2.0, même à des échelles plus grandes, semble être bien adapté pour les tronçons de côte artificialisés (Illustration 5).

2.3 Imagerie et photographies aériennes : description de 5 supports

La photographie aérienne et l'imagerie satellite sont des moyens efficaces pour observer un secteur d'étude. Ce sont des supports géoréférencés ou géoréférençables. Ces supports ne présentent pas directement un trait de côte ou des limites particulières : ce sont des images qu'il faut interpréter. Il est donc possible d'y relever des indicateurs du trait de côte de façon plus ou moins rapide et plus ou moins précise en fonction du support.

2.3.1 BdOrtho[®] (IGN)

C'est une collection de mosaïques numériques d'orthophotographies en couleur, rectifiées dans la projection adaptée au territoire couvert et redressées afin de prendre en compte les déformations dues au relief. La qualité du redressement est directement liée à la qualité du MNT utilisé.

La BdOrtho[®] se compose donc d'images numériques (sans habillage ni surcharge) et d'indications de géoréférencement. Elle est donc traitable par la plupart des outils SIG. Elle est disponible sur l'ensemble du territoire national à une résolution de 50 cm (pixel natif de 1 m puis rééchantillonnage à 50 cm). Son échelle optimale d'utilisation est de l'ordre du 1/5000^e, voire 1/2000^e, échelle à partir de laquelle des pixels commencent à apparaître. Elle est actuellement mise à jour tous les 5 ans. A partir de 2014, la mise à jour sera tous les 3 ans. La BdOrtho[®] est facilement accessible, notamment par les services du Ministère de l'Écologie, grâce à une convention d'acquisition signée entre le Ministère et l'IGN et au Contrat d'Objectifs et de Performances de l'IGN.

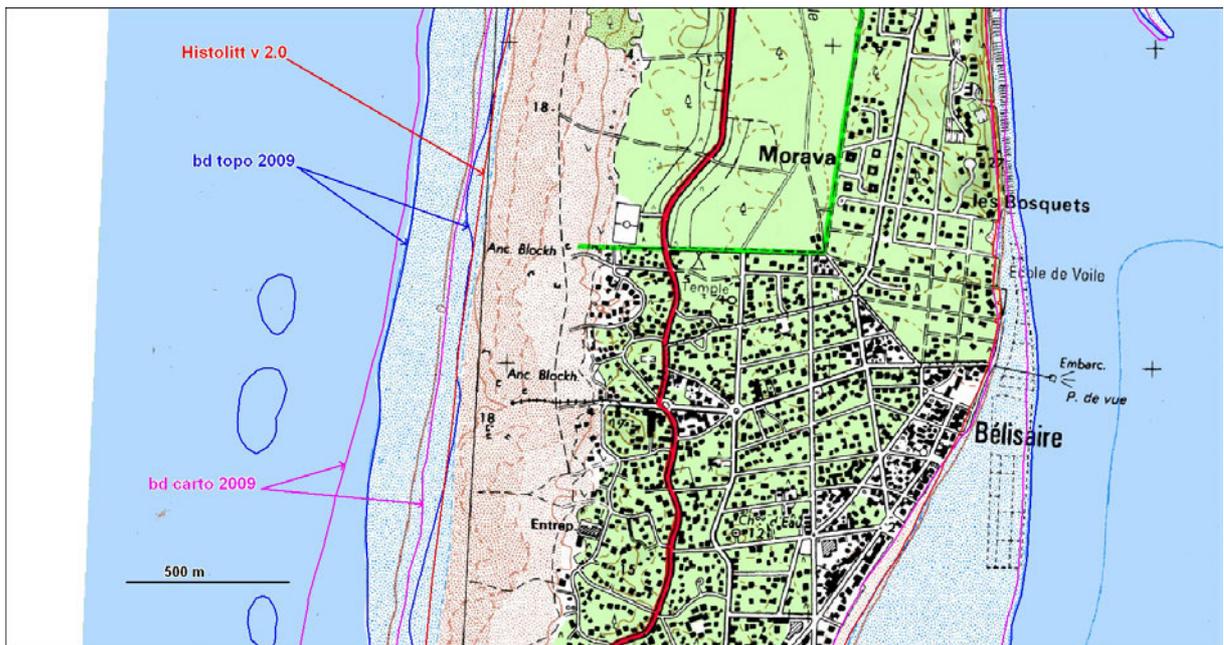


Illustration 4 : Représentation des indicateurs de trait de côte issus des bases de données de l'IGN (façade Ouest du Cap Ferret) – Fond de carte : Scan 25® (IGN) 2009

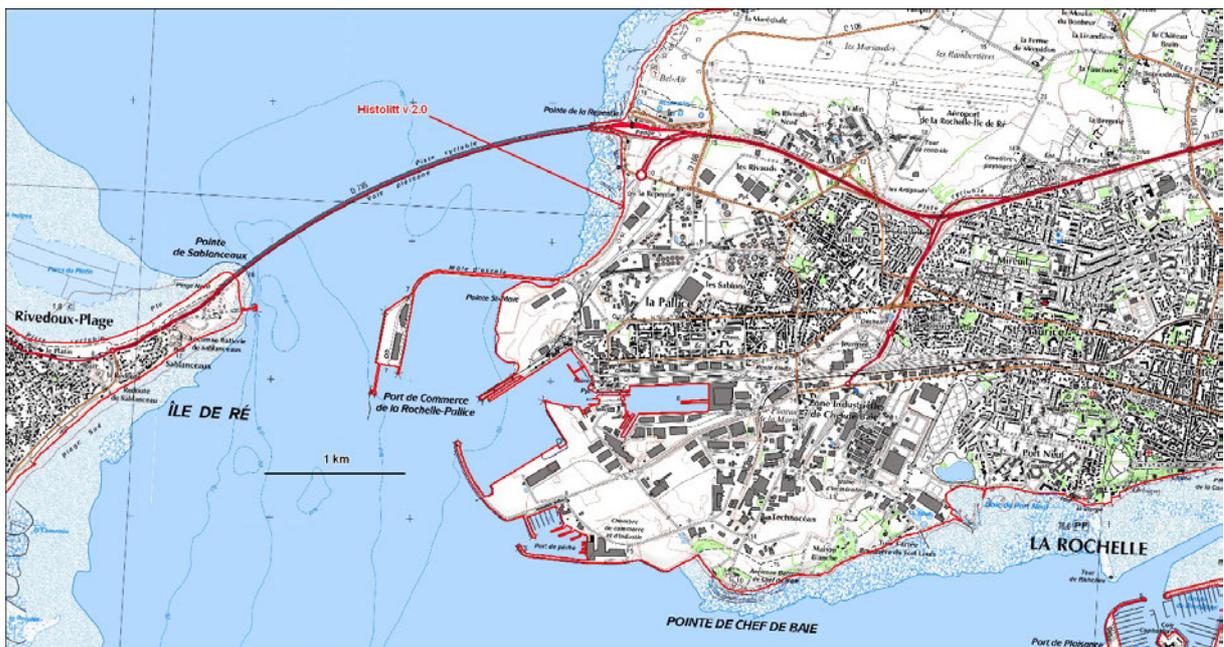


Illustration 5 : Représentation d'Histolitt® V2.0 sur une côte artificialisée (La Rochelle, 17) – Fond de carte : Scan 25® (IGN) 2009

2.3.2 L'Ortho Littorale

Il existe une orthophographie spécifique au littoral, l'Ortho Littorale acquise entre 2000 et 2002. Cette version a été initiée par le ministère de l'Équipement suite aux tempêtes de 1999 et au naufrage de l'Erika. Elle est libre de droits. Pour couvrir l'ensemble des problématiques du littoral, les vols ont été réalisés en condition de marées de vives eaux à marée basse. L'Ortho Littorale 2000 est téléchargeable gratuitement à partir du site Internet Géolittoral : <http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr>.

Cette orthophotographie est en cohérence géométrique avec la BdOrtho® IGN. Elle constitue une véritable interface terre-mer et est considérée comme référentiel à grande échelle sur le littoral.

Conformément au rapport BERSANI *et al.* (2006)¹, l'Ortho Littorale est en cours de mise à jour depuis 2011 et devrait se terminer en 2013. Une des particularités de cette nouvelle version est l'acquisition dans le proche infrarouge qui offre de nouvelles possibilités pour aider à identifier le trait de côte par des informations comme le degré d'humidité des sables ou encore la végétation.

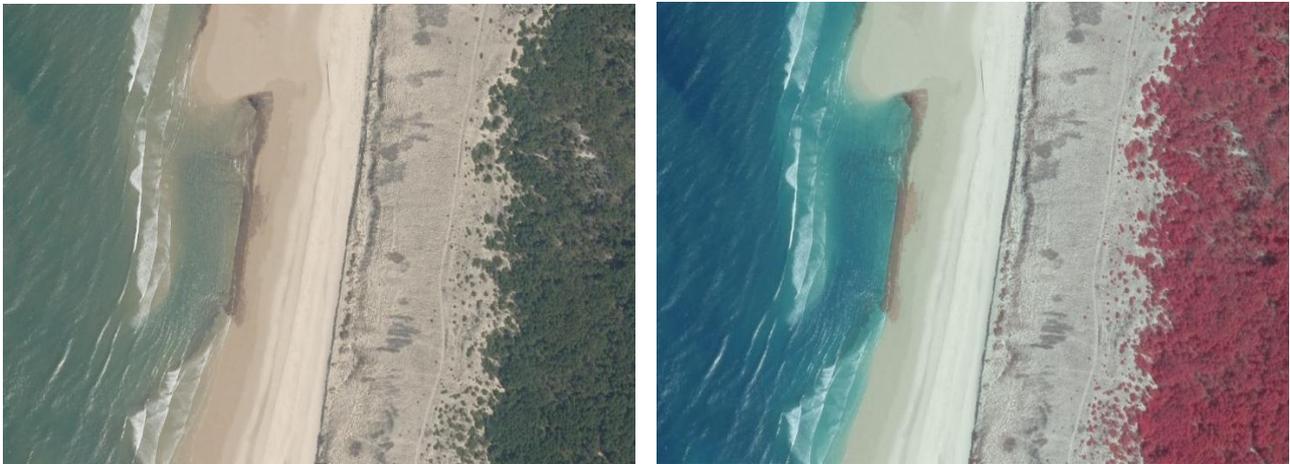


Illustration 6 : Extrait de l'Ortho Littorale V2 en Aquitaine en RVB (à gauche) et en IR (à droite)

A la date de rédaction de ce rapport, la Méditerranée continentale est d'ores et déjà disponible ainsi que les secteurs compris entre le sud-Bretagne et les Sables-d'Olonne et entre l'estuaire de la Gironde et le sud du Pilat (Illustration 7). Début 2013, les secteurs compris entre l'Espagne et le sud du Pilat et entre l'estuaire de la Gironde et les Sables-d'Olonne seront disponibles. L'Ortho Littorale v2 sera également téléchargeable gratuitement à partir du site Internet Géolittoral.

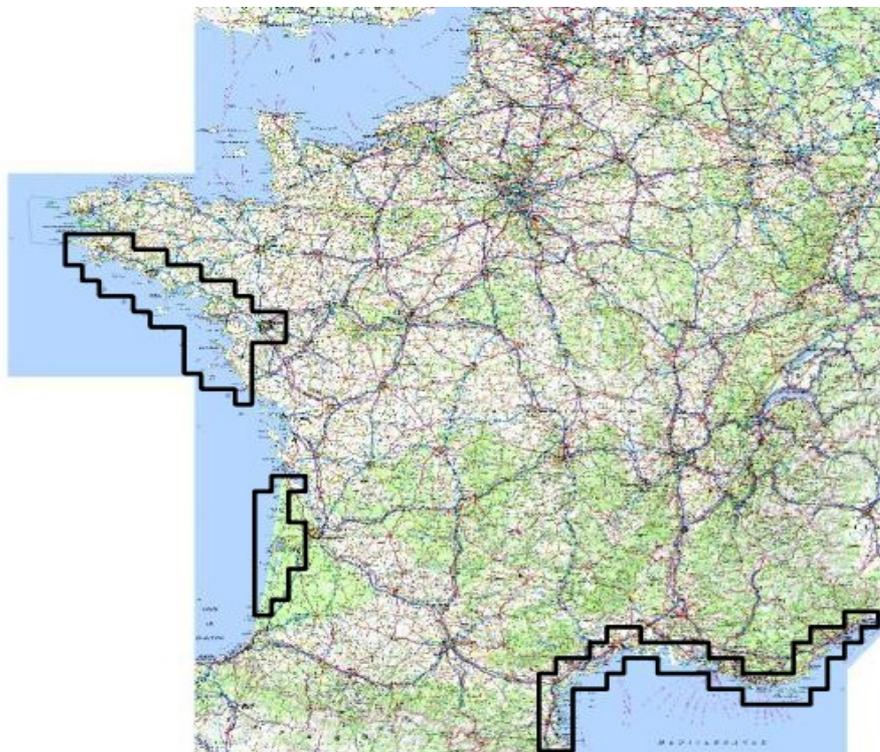


Illustration 7 : Extension des prises de vue disponibles en octobre 2012 pour l'Ortho Littorale v2 (accessible sur le site Internet Géolittoral)

1 BERSANI C., SIMONI M.-L., DENEGRÉ J., ALLAIN Y.-M., PLANQUES P., RIBIERE G., TUGAYE Y. (2006). *Rapport relatif au schéma d'organisation des dispositifs de recueil de données et d'observation sur le littoral*. Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer et Ministère de l'Écologie et du Développement Durable. 120p. + 19 annexes.

2.3.3 L'imagerie satellite

Paragraphe en cours de complément mais succinct pour présenter l'intérêt de l'imagerie satellite et l'apport de l'infra-rouge

NB : Pour plus de renseignement sur les apports de l'imagerie satellite, se reporter à la « Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte » réalisée par le BRGM en 2012 (en cours de publication).

2.3.4 Photographies aériennes obliques ponctuelles et iconographies

Les photographies obliques ponctuelles sont en général issues de campagnes spécifiques ou à la suite d'un événement particulier (tempête, inondation...). Elles sont donc bien datées (condition de marée connue) et facilement localisables. Elles présentent des informations sur un secteur donné, de taille réduite (par cliché). Dans le cadre d'une étude sur le trait de côte, elles apportent des précisions sur le contexte géomorphologique d'un site et de son évolution.

2.3.5 Photographies au sol ponctuelles et iconographies

Les représentations iconographiques d'un site regroupent les cartes postales et les photographies anciennes issues d'une recherche historique et bibliographique d'un secteur d'étude. Leur datation précise n'est pas aisée. Pour les cartes postales, le cachet de la poste représente la référence la plus précise. Pour les photographies anciennes, la datation peut être très difficile. La localisation de ces cartes et photographies peut être compliquée notamment dans les secteurs où il y a eu une évolution importante du littoral (érosion, accrétion, ouvrages...). Comme les photographies obliques, elles apportent des informations ponctuelles mais pouvant préciser l'évolution et le contexte géomorphologique d'un site.

2.3.6 Photographies aériennes verticales et stéréoscopie

Ce sont des photographies aériennes verticales réalisées, le plus souvent, par l'IGN à l'échelle du 1/5000^e au 1/30 000^e, en tirage papier avec différents types d'émulsion (noir et blanc, couleur...). Les dernières campagnes sont disponibles en format numérique. Elles ne sont ni redressées, ni recalées mais localisées sur un plan de vol (Illustration 8).

Elles permettent une vision simple lorsqu'elles sont prises une à une et une vision stéréoscopique en prenant un couple de photographies consécutives avec recouvrement. Ce type de photographies peut donc être soit non redressé, soit recalé dans un logiciel SIG en perdant la vision stéréoscopique.

La vision stéréoscopique est permise lorsque les prises de vues sont réalisées avec un intervalle de temps tel que deux clichés successifs ont un recouvrement de 60 %. La surface commune à deux photographies peut donc être vue en relief en utilisant soit des lunettes stéréoscopiques, soit le logiciel GeoView[®] de l'IGN qui permet la vision en relief sur un écran.

Il est donc possible de voir des indicateurs morphologiques du trait de côte avec ce type de support. Cependant, les relevés nécessitent une échelle assez grande (1/5000^e) et donc un grand nombre de clichés pour suivre un linéaire comme le littoral, le relevé des indicateurs morphologiques avec un logiciel numérique est néanmoins plus commode.

A noter que ces supports sont désormais presque toujours complétés par la production d'une orthophotographie qui présente l'avantage de disposer de clichés dans un système de coordonnées. Ainsi les exploitations issues de ces orthophotographies sont de fait géoréférencées, ce qui n'est pas le cas des clichés classiques. Cependant, l'IGN met gratuitement à disposition l'ensemble de ses prises de vue aériennes anciennes (au fur et à mesure de leur numérisation) sur son site Internet ; ces clichés sont généralement à redresser et géoréférencer.

NB : Dans le cadre du retour d'expérience de la tempête Xynthia, les CETE ont été équipés et formés sur ce logiciel afin de cartographier les éléments en lien avec la tempête sur des clichés de mars 2010 couvrant le sud du département de Loire-Atlantique (44) au nord du département de la Gironde (33) (clichés accessibles sur le site Internet Géolittoral).

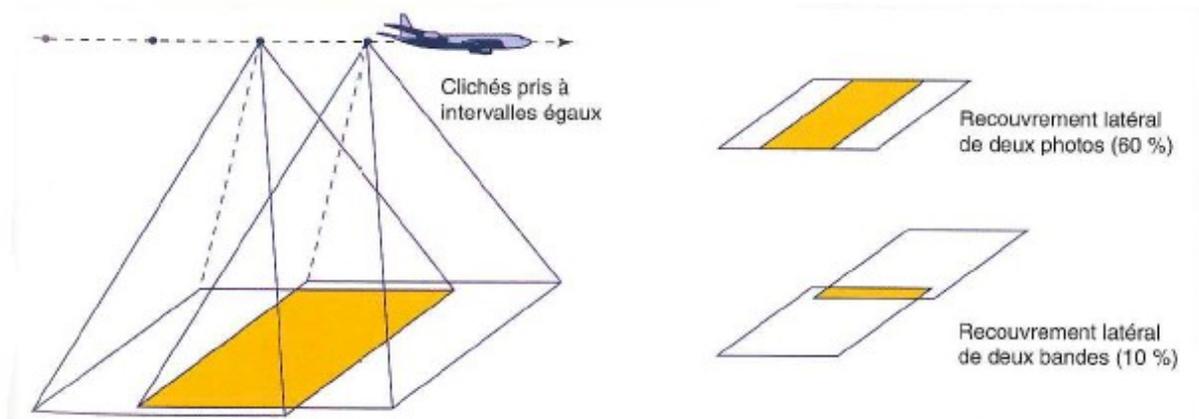


Illustration 8 : Technique de prise de vue à axe vertical (extrait du « Guide technique LCPC : L'utilisation de la photo-interprétation dans l'établissement des plans de prévention des risques liés aux mouvements de terrain », 1999)

2.4 Conclusion sur l'utilité de l'exploitation de photographies aériennes orthorectifiées

Malgré l'émergence de nouveaux supports permettant d'accéder à une information de précision, facilement actualisable et sur de grands territoires, notamment grâce au développement de l'imagerie satellite et à l'analyse de l'infrarouge, la photo-interprétation est la seule méthode permettant d'accéder à des informations passées via les supports orthophotographiques datant du début du siècle dernier. Pour l'analyse de l'évolution du trait de côte, avoir recours à des tendances pluri-annuelles permet de comprendre la genèse des phénomènes, leur éventuelle cyclicité et de mieux anticiper les évolutions à venir. Cette analyse des tendances pluri-annuelles passées obtenue grâce aux photographies aériennes orthorectifiées peut néanmoins être complétée par l'apport historique des anciennes cartographies, surtout pour des aspects qualitatifs, et par des mesures plus récentes mais exploitables surtout pour une échelle de temps courte.

Dans le cadre de la mise en œuvre de l'axe A de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte, il a ainsi été convenu que :

- le Ministère de l'Écologie se doterait d'au moins 2 lignes représentatives de la position historique du trait de côte obtenues sur les supports orthophotographiques le plus ancien et le plus récent disponible partout en France, en appliquant la méthodologie définie dans ce document ;
- l'évolution tendancielle du trait de côte obtenue grâce à ces 2 lignes serait complétée et affinée à l'aide de tout renseignement (« trait de côte ») mis à disposition du Ministère, à la seule condition que l'indicateur choisi pour le suivi du trait de côte ait été précisé selon les critères définis ci-après.

3. Méthodologie pour lever les indicateurs de position du trait de côte

Le trait de côte tel que défini par le SHOM (cf. paragraphe 1) n'est pas directement repérable de façon continue sur le terrain ou sur une photographie aérienne. Cependant, en fonction du contexte géomorphologique de la côte et de son contexte dynamique (érosion, accrétion), des indicateurs permettent d'estimer la position du « trait de côte » et permettent de rendre compte de l'évolution du site étudié.

Dans le cadre d'une étude diachronique de trait de côte, ces indicateurs peuvent être des lignes de référence particulières permettant de comparer l'évolution d'objets identiques à différentes dates sur un ou plusieurs types de support et/ou sur le terrain.

3.1 Les différents types d'indicateurs

3.1.1 Les indicateurs hydriques instantanés

Ces indicateurs peuvent être définis comme étant les manifestations de la dernière marée et/ou comme la limite terre/eau au moment de la prise de vue. Il s'agit :

- d'une laisse de haute mer, laissée par la dernière marée,
- de la limite supérieure du sable mouillé,
- de la limite eau/sable.

Ces indicateurs instantanés sont très dépendants de la date et de l'heure de la prise de vue (ou du levé terrain) ainsi que du contexte. Dans un contexte de côte macrotidale (marnage important), ces indicateurs ne sont pertinents que si l'on possède des prises de vue lors des hautes mers de vives eaux. Pour s'affranchir de ce paramètre, des images saisies à haute fréquence peuvent être exploitées (cf. l'imagerie type webcams). Dans un contexte de côte microtidale (faible marnage), ces indicateurs peuvent être pertinents quelles que soient la date et l'heure de la prise de vue.

3.1.2 Les indicateurs morphologiques

Ces indicateurs sont des discontinuités morphologiques d'un site. Celles-ci se traduisent par des reliefs plus ou moins marqués et plus ou moins importants. Il s'agit :

- | | | |
|---|---|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • de la berme de haut de plage, • du pied de dune, • du haut de la falaise dunaire, • de la crête de dune, | } | côte basse meuble |
| <ul style="list-style-type: none"> • du pied de falaise, • du haut de falaise, • du haut du cône d'éboulis. | } | côte à falaise |

Ces indicateurs ne sont pas toujours faciles à percevoir en vision simple lorsqu'ils sont peu marqués. Les reliefs francs sont assez bien repérables (falaise et falaise dunaire). La vision stéréoscopique apporte un avantage au repérage des micro-reliefs.

3.1.3 Les indicateurs liés à la végétation

La végétation est un marqueur du régime de submersion associé au niveau haut des eaux. Sur le terrain, en photographie aérienne et en imagerie satellite, les limites de végétation sont aisément repérables. Les principaux marqueurs sont :

- la limite inférieure de la végétation dunaire,
- la limite inférieure de la végétation dunaire pérenne (arbres, arbustes...),
- la limite inférieure de la végétation (hors dune),
- la limite supérieure du schorre,
- la limite supérieure de la slikke.

3.1.4 Les côtes artificialisées

Une côte est artificialisée lorsqu'elle possède des ouvrages (longitudinaux et/ou transversaux) importants, directement à la mer en vue de maintenir le trait de côte, de limiter les submersions et/ou de gagner des terrains sur la mer. Dans ce cas, le trait de côte est directement lié aux ouvrages. Selon leur importance, les ouvrages sont bien repérables sur les photographies aériennes.

3.2 Photo-interprétation de la position du trait de côte

Il s'agit d'une proposition de méthode pour photo-interpréter la position du trait de côte en fonction du contexte géomorphologique (cf. tableaux des indicateurs du trait de côte pouvant être utilisés pour chaque type de côte en annexe). Les supports numériques nécessaires pour la méthode développée dans ce document sont des photographies aériennes (orthophotographies et photographies stéréoscopiques).

Les orthophotographies peuvent être utilisées au 1/2500^e, ce qui est une échelle confortable pour le levé du trait de côte. La précision (en planimétrie) est généralement admise comme de l'ordre de plus ou moins 10 m, mais peut varier selon le type d'objet numérisé et selon la qualité du cliché. Les précisions du relevé devront être réestimées lorsque l'un des 2 paramètres change. En particulier, on pourra considérer une précision métrique ou de l'ordre de plus ou moins 3 m pour un travail sur orthophotographies récentes, allant jusqu'à +/- 1 m pour des orthophotographies de résolution 20 cm.

L'expérience et la connaissance du photo-interprète sur le secteur d'étude (contexte géomorphologique, évolution...) sont des facteurs importants pour la précision du relevé. Leur impact est difficilement quantifiable mais peut être limité en choisissant des indicateurs facilement repérables sur les orthophotographies, peu interprétables et qui puissent être vérifiables sur le terrain. Les indicateurs, retenus dans cette méthodologie, ont été classés en fonction de leur variabilité dans le temps (Illustration 9) et en fonction de leur positionnement, du bas de plage au haut de plage (Illustration 10).

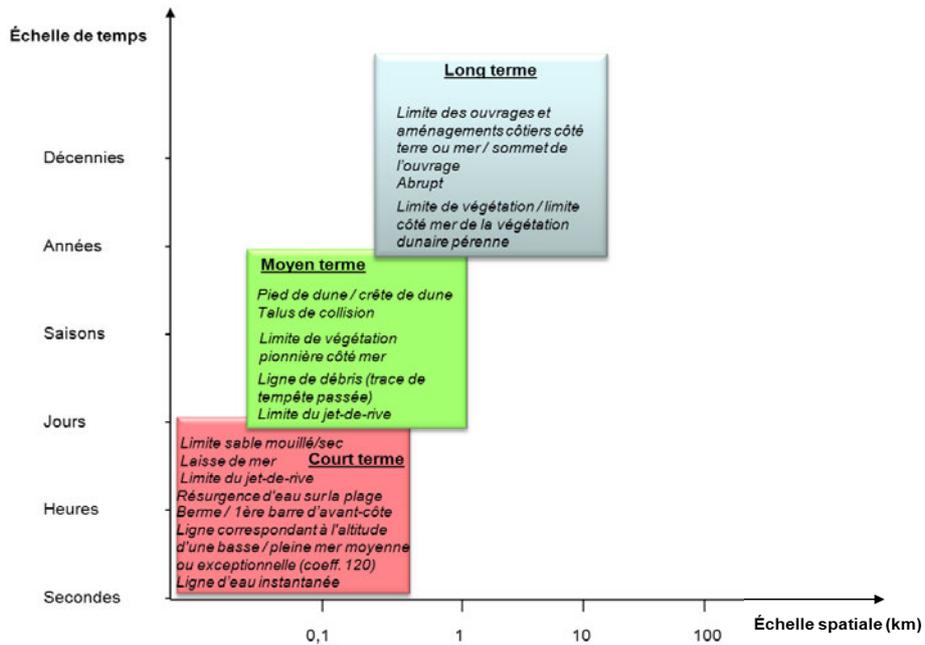


Illustration 9 : Échelles de temps et d'espace des processus hydrosédimentaires côtiers (d'après Komar, 1997, In : Synthèse des techniques de suivi du trait de côte, BRGM, en cours de validation)

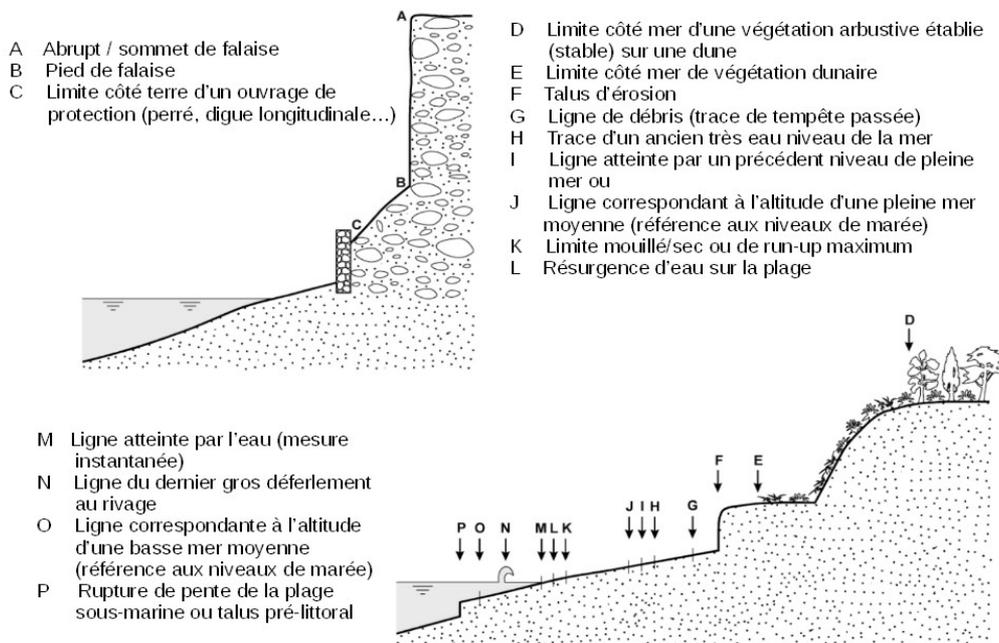


Illustration 10 : Représentation schématique d'indicateurs de position du trait de côte utilisés couramment (d'après Boak et Turner, 2005 In : Guide méthodologique Plans de prévention des risques littoraux, en cours de validation)

Les indicateurs à court terme (pouvant varier dans la seconde, dans l'heure ou dans la journée) :

- limite supérieure de l'eau,
- limite supérieure du jet de rive,
- limite supérieure du sable mouillé,
- dernière laisse de haute mer,
- crête de berme...

Les indicateurs à moyen terme (pouvant varier dans la journée, la saison ou l'année) :

- pied de dune ou de falaise dunaire,
- pied de falaise,
- limite côté mer de l'extension de la végétation,
- limite supérieure de la slikke...

Les indicateurs à long terme (pouvant varier dans l'année, la décennie ou le siècle) :

- crête de dune,
- limite supérieure du schorre,
- limite inférieure de la végétation pérenne,
- haut de falaise...

3.2.1 Méthode de relevé sur les côtes basses

3.2.1.a. En régime microtidal

Pour les côtes en régime microtidal (faible marnage), il sera utilisé des indicateurs instantanés. La limite supérieure du jet de rive sera privilégiée pour type de forme géomorphologique (cordons du-naïres, de galets, flèches sableuses, etc.) (Illustrations 11 et 17).



Illustration 11 : Sérignan Plage (34) – Ortho Littorale v2

3.2.1.b. En régime macrotidal

Pour les côtes en régime macrotidal (marnage important), des indicateurs morphologiques et liés à la végétation seront utilisés.

Sur les **côtes meubles sans massif dunaire**, la limite inférieure de la végétation sera privilégiée (Illustrations 12 et 13).



Illustration 12 : Île d'Aix (17) – Anse du Saillant – BdOrtho® 2006



Illustration 13 : Île d'Aix (17) – Anse du Saillant – Photographie du CETE SO le 13/10/2011

Sur les **côtes meubles avec massif dunaire**, le haut de la falaise dunaire sera relevé dans le cas d'une zone en érosion (Illustrations 14 et 15). Dans une zone stable et/ou en accrétion sera relevée la limite côté mer de la végétation dunaire pérenne ou le pied de dune (par exemple la limite entre les espèces végétales « Chiendent des Sables » et « Oyat »).

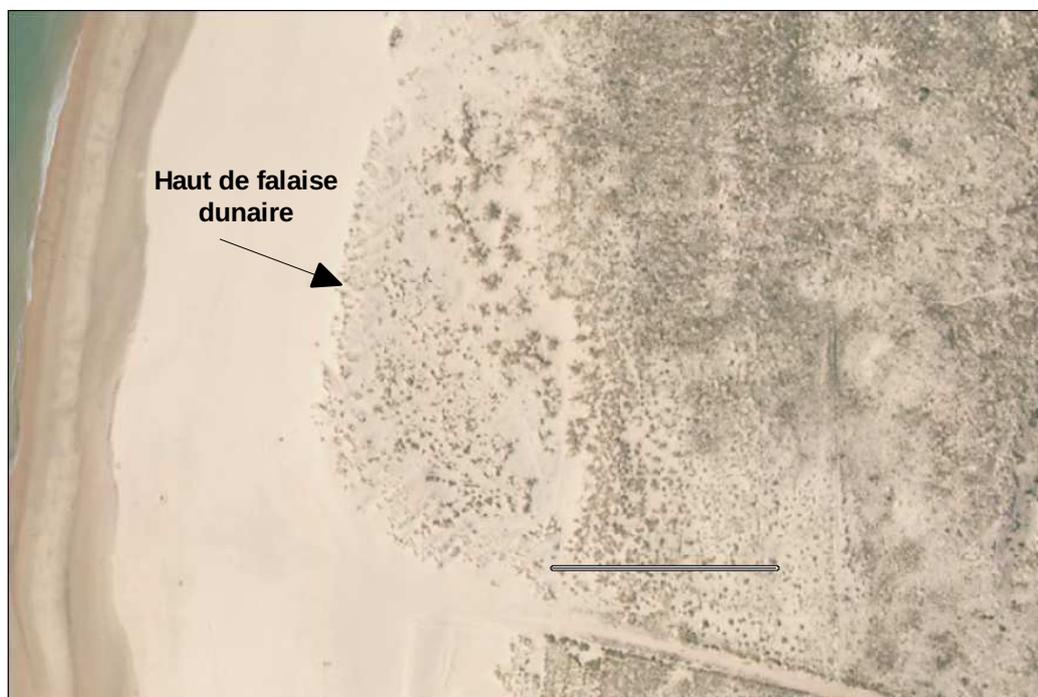


Illustration 14 : Côte sauvage (17) – BdOrtho® 2006



Illustration 15 : Côte sauvage (17) – Photographie du CETE SO le 01/07/2010

Dans les **zones de marais**, la limite supérieure du schorre sera relevée. Cette limite correspond à celle entre le schorre et la végétation terrestre pérenne. Les ombres portées par les arbres peuvent diminuer la précision sur l'orthophotographie. La limite supérieure de la slikke est un indicateur bien visible mais complique le trait de côte de façon plus ou moins importante, du fait de la prise en compte de tout le chevelu. Cependant, cet indicateur peut être pertinent à l'intérieur des estuaires (Illustration 16). Le traitement de ces secteurs, relativement étendus, sera spécifié de manière à trouver le meilleur compromis possible entre pertinence de l'indicateur et facilité de levé sur orthophotographie.

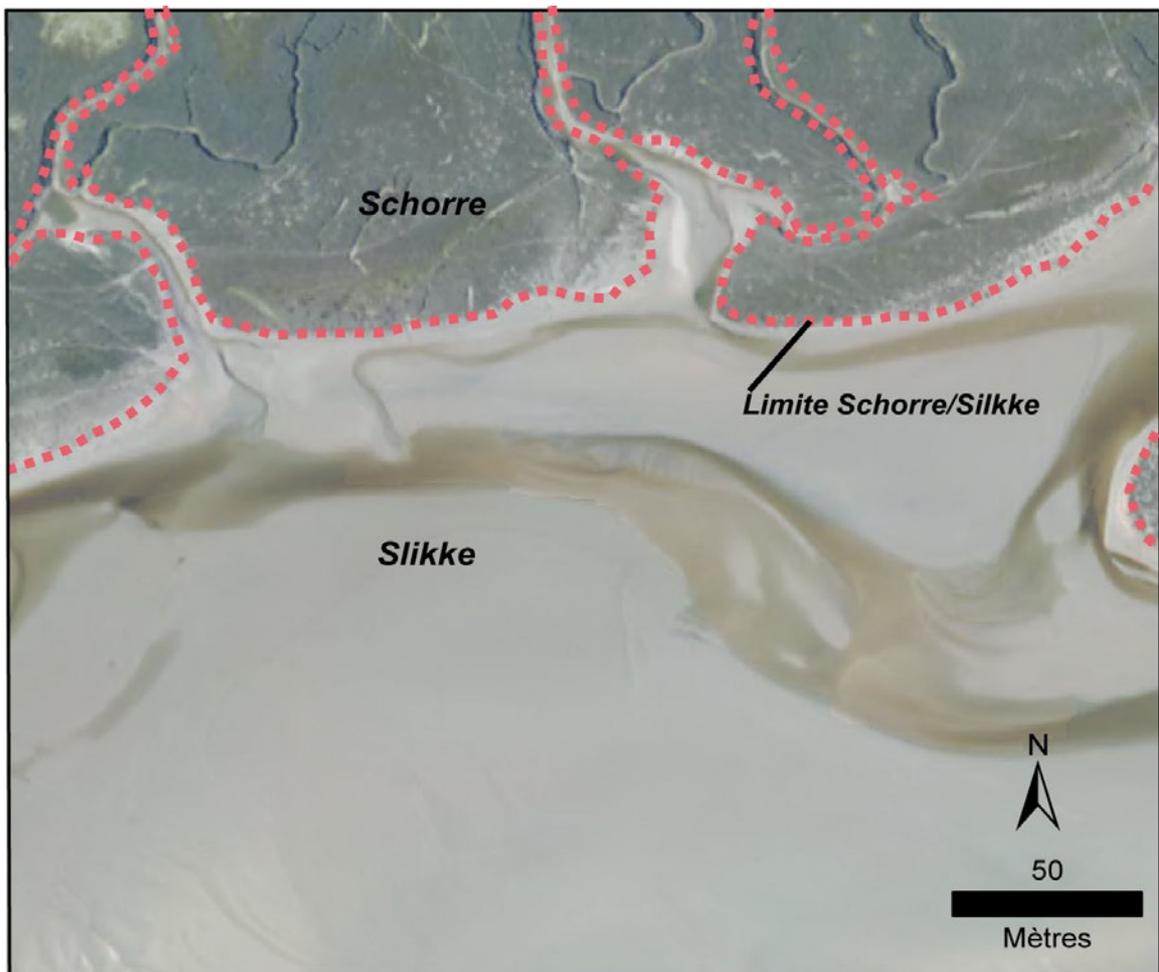


Illustration 16 : Indicateur « limite schorre-slikke » dans un estuaire (Source : Rapport de stage de B. TOURE - « Dynamique du trait de côte : Actualisation des vitesses d'évolution du trait de côte et premières réflexions sur les rythmes d'évolution – Cas du littoral normand picard », 2012)

Les **flèches sableuses** sont des formes particulières du littoral pouvant évoluer rapidement. Cependant, dans cette méthodologie, elles peuvent être considérées comme des côtes basses meubles avec ou sans massif dunaire. Les mêmes indicateurs cités ci-dessus peuvent donc être pris en compte lorsque ceux-ci sont visibles, notamment en priorité la limite inférieure de la végétation (dunaire ou pas) ou le haut de falaise dunaire. En dernier ressort, si ces limites ne sont pas visibles, le même indicateur qu'en régime microtidal pourra être levé, c'est-à-dire la limite supérieure du jet de rive (Illustration 17).

Pour les flèches les moins développées, où l'on ne distingue pas les indicateurs ou où les indicateurs ne sont pas présents, aucun indicateur ne sera relevé. Sinon, si un indicateur reste valable, un travail de détermination de la surface de la flèche sera mis en œuvre afin de pouvoir suivre l'évolution de sa forme (tracé d'un polygone).



Illustration 17 : Flèche de la gracieuse (13) – Ortho Littorale v2

Il sera ainsi nécessaire, dans le cas des flèches sableuses, de suivre le tour de la flèche et donc digitaliser la polygone côté mer et côté terre en suivant l'indicateur de position du trait de côte choisi. Pour les flèches (sableuses ou de galets) les moins développées où les indicateurs ne sont pas identifiables, sur l'orthophotographie utilisée, le trait de côte ne sera pas levé.

Sur les **cordons de galets**, la présence d'indicateurs du trait de côte dépend de la stabilité du cordon. L'indicateur de limite inférieure de la végétation pérenne pourra être relevé lorsque celui-ci est visible, pour les cordons les plus stables (par exemple présence de choux marins ou de lichens). Les indicateurs morphologiques (ex. : crête de berme, limite galets-sable) pourront être relevés pour les cordons les moins stables. Ces indicateurs peu visibles sur une orthophotographie engendreront des incertitudes importantes sur le relevé du trait de côte (Illustrations 18 et 19).



Illustration 18 : Bas-Champs de Cayeux (80) – BdOrtho® 2007



Illustration 19 : Bas-Champs de Cayeux (80) – Photographie du CETE NP

Sur les **côtes rocheuses**, la limite de végétation pérenne sera retenue. Il s'agira souvent de la limite inférieure de la végétation terrestre (herbacées, mousse...), représentant un changement de teinte par rapport au socle rocheux (Illustration 20). Éventuellement, dans les cas où le changement de teinte lié aux lichens noirs serait plus visible, la limite supérieure des lichens pourrait être retenue. Cependant, il est à noter que ces limites ne sont pas toujours facilement discernables sur une orthophotographie de précision moyenne ou en noir et blanc.



Illustration 20 : Pointe de Meiga (35) – Fond de plan : Géoportail

3.2.2 Méthode de relevé sur les côtes à falaises

La méthode ne s'applique que pour les falaises directement battues par les vagues. Elle ne prend pas en compte la plateforme d'érosion qui peut être considérée comme une côte basse.

Le profil des falaises varie en fonction de la résistance et de la disposition des roches et selon l'agressivité résultant des processus marin et aérien. La méthodologie distingue 2 types de falaises : les falaises présentant une forte pente ($>45^\circ$ – Illustrations 21 et 22) et les falaises présentant une pente faible ($<45^\circ$ – Illustrations 23 et 24).

Sur un secteur à falaise, quatre indicateurs peuvent être relevés :

- le pied de falaise (pour les falaises à faible pente),
- le haut de falaise,
- la rupture de pente,
- la limite d'extension de la végétation (par exemple limite supérieure des lichens noirs, limite de végétation terrestre).

Dans tous les cas, le levé du haut de falaise sera à privilégier.



Illustration 21 : Île de Ré (17) – BdOrtho® 2006- Falaise de pente forte (>45°)



Illustration 22 : Île de Ré (17) – Photographie prise en hélicoptère par le CETE SO en mars 2010



Illustration 23 : Equihen (62) – Falaise de pente faible (<math><45^\circ</math>) - Fond de plan : Géoportail



Illustration 24 : Equihen (62) – Falaise de pente faible (<math><45^\circ</math>) – Photographie prise par CETE NP

3.2.3 Autres contextes géomorphologiques particuliers

3.2.3.a. Cas des embouchures, estuaires et deltas

Les embouchures, estuaires et deltas sont des limites géographiques naturelles à l'extension du trait de côte. Il est donc nécessaire de définir la limite physique permettant d'interrompre la ligne d'indicateur de position du trait de côte levée. Il est proposé de traiter ces embouchures en fonction de leur « taille », entre les « petites » et les « grandes » embouchures. Les embouchures définies comme « grandes » se limitent à celles des grands fleuves, c'est-à-dire les estuaires de la Seine, la Loire, la Charente, la Gironde et le delta du Rhône.

Deux cas se présentent donc :

- le cas des petites embouchures : la polyligne ne doit pas rentrer à l'intérieur de l'estuaire/l'embouchure (avec une tolérance de 5 à 10 m si l'on souhaite marquer l'embouchure) et s'interrompre à son passage (non levé) ;
- le cas des grands estuaires et deltas : la polyligne peut rentrer dans l'embouchure si cela est pertinent (à l'appréciation du producteur de données) et ensuite s'interrompre pour la traverser (non levé) sur l'autre rive.

Pour déterminer la limite de remontée dans les grandes embouchures, la limite transversale de la mer ou la limite d'envasement des berges pourront par exemple être exploitées pour justifier l'interruption de la polyligne. Cependant, parfois, ces limites ne pourront être déterminées qu'à dire d'experts, comme dans le cas des valleuses (Illustration 25).

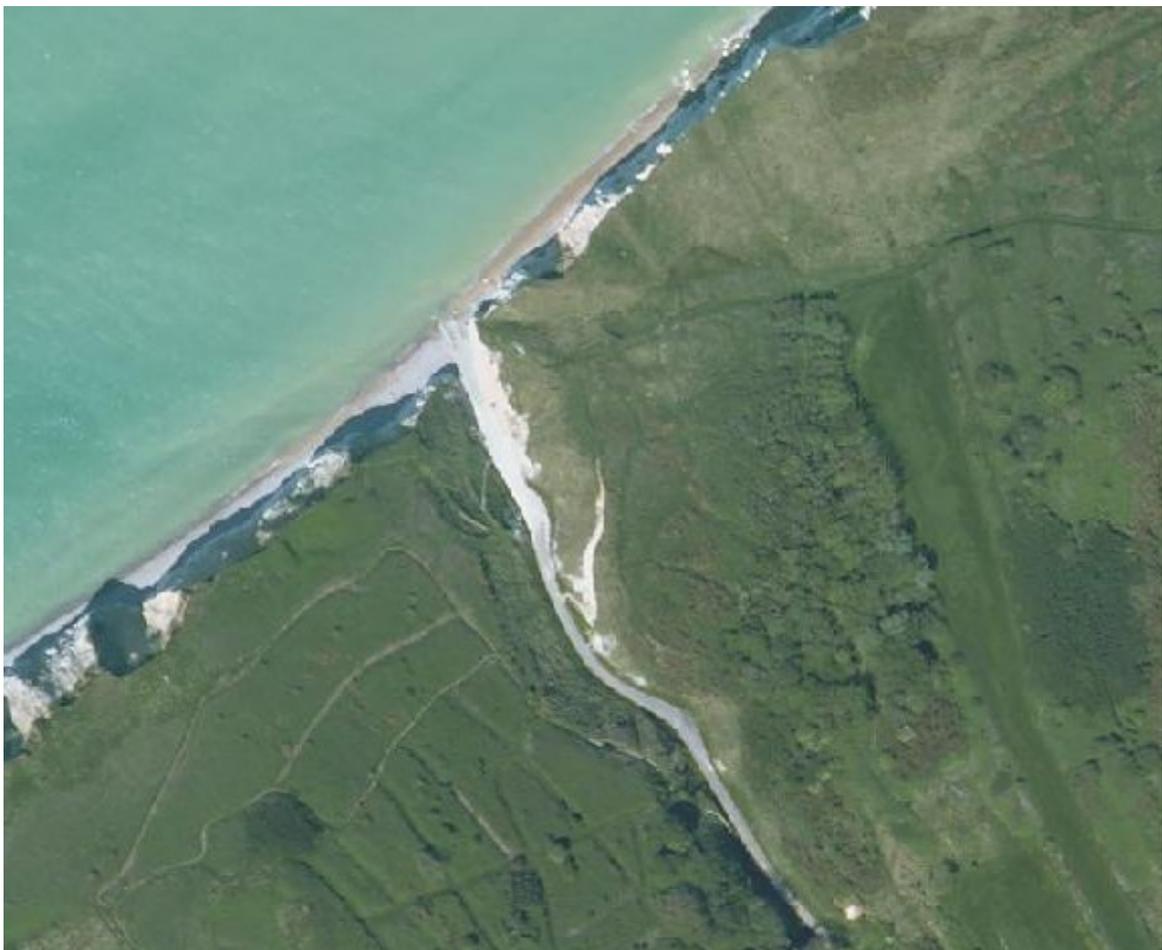


Illustration 25 : Valleuse du Prêtre à Belleville-sur-Mer (76) (Fond de plan : BdOrtho® 2008)

3.2.3.b. Cas des mangroves

Les zones de **mangrove** constituent des secteurs particuliers où les indicateurs du trait de côte sont difficiles à relever sur une orthophotographie. Ces secteurs seront étudiés en tant que surface. En particulier, lorsqu'elle est visible (notamment côté terre), la limite des palétuviers sera relevée de manière à former un polygone dont l'extension et la surface seront suivies.

3.2.4 Méthode de relevé sur les côtes artificialisées

Sur ces côtes, le trait de côte est directement lié aux ouvrages. L'interruption de l'indicateur de position du trait de côte est nécessaire dès lors qu'un ouvrage ou aménagement vient fondamentalement modifier son évolution. Le contour des ouvrages devra donc être levé mais de manière indépendante des indicateurs de position du trait de côte retenus par type de côte. Les ports, ouvrages côtiers transversaux, longitudinaux ou offshore figureront donc dans une table spécifique.

Remarque : La base de données Histolitt® V2.0 propose déjà ces contours avec une bonne précision (Illustration 5).

3.2.4.a. Interruption au passage d'un port ou d'un ouvrage se substituant au trait de côte

Lorsqu'un port ou un ouvrage de haut de plage interrompt l'indicateur de position du trait de côte (par exemple la limite supérieure du jet de rive ou la limite de la végétation comme sur les illustrations 26 et 27), il est nécessaire d'interrompre la polygline levée.

L'indicateur de position du trait de côte, levé de part et d'autre de la zone d'influence des jetées portuaires, suivra les recommandations formulées ci-dessus en fonction du type de côte. Les jetées feront, elles, l'objet d'un levé spécifique (voir paragraphe 3.2.4.d.).

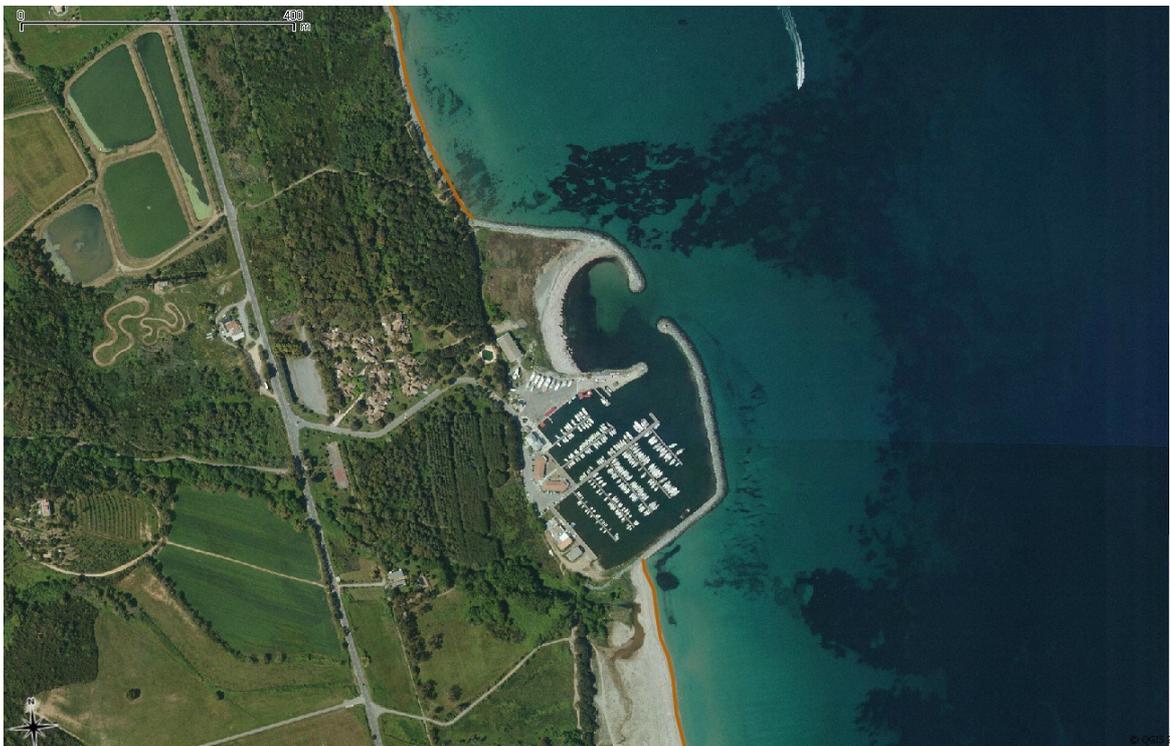


Illustration 26 : Port de Campoloro (2B) – Fond de plan : BdOrtho® 2008



Illustration 27 : Vias (34) – Limite de la végétation (marron)– Fond de plan : BdOrtho® 2008

3.2.4.b. Interruption au passage d'ouvrages côtiers transversaux

Lorsque l'interruption de l'indicateur de position du trait de côte (limite supérieure du jet de rive dans le cas de l'illustration 28) est ponctuelle (< 10 m) entre 2 anses créées par des épis (au passage de l'épi, l'indicateur n'existe plus, seules les limites sable/ouvrage ou eau/ouvrage existent), il est possible pour simplifier le travail de digitalisation de passer au travers de l'épi comme cela est réalisé sur l'illustration 28.

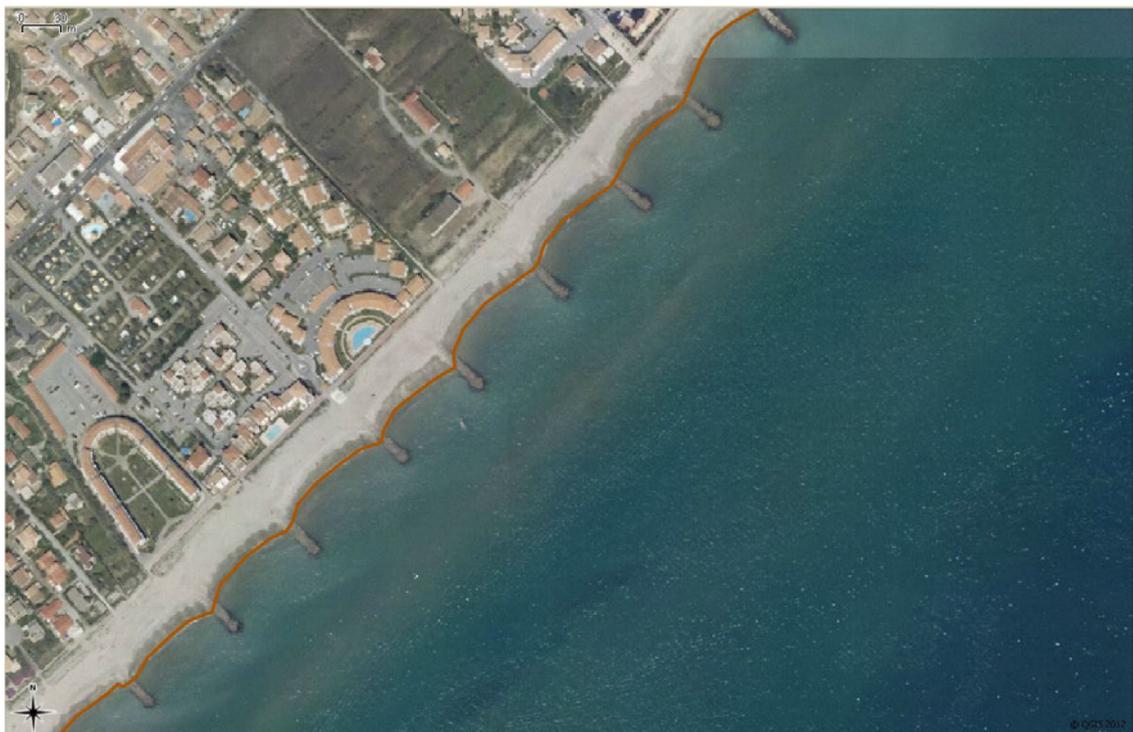


Illustration 28 : Frontignan (34) – Indicateur levé = limite supérieure de l'eau (marron) – Fond de plan : BdOrtho®2008

3.2.4.c. Interruption au passage d'ouvrages côtiers longitudinaux ne se substituant pas au trait de côte

C'est le cas des brise-lames par exemple. Dans ce cas, l'indicateur de position du trait de côte reste l'indicateur lié au milieu naturel (géomorphologie) mais l'interruption de la polyligne de trait de côte est nécessaire lorsque la distance de contact entre l'arrière de l'ouvrage et la plage est notable, par exemple supérieure à 10 m (Illustration 29).

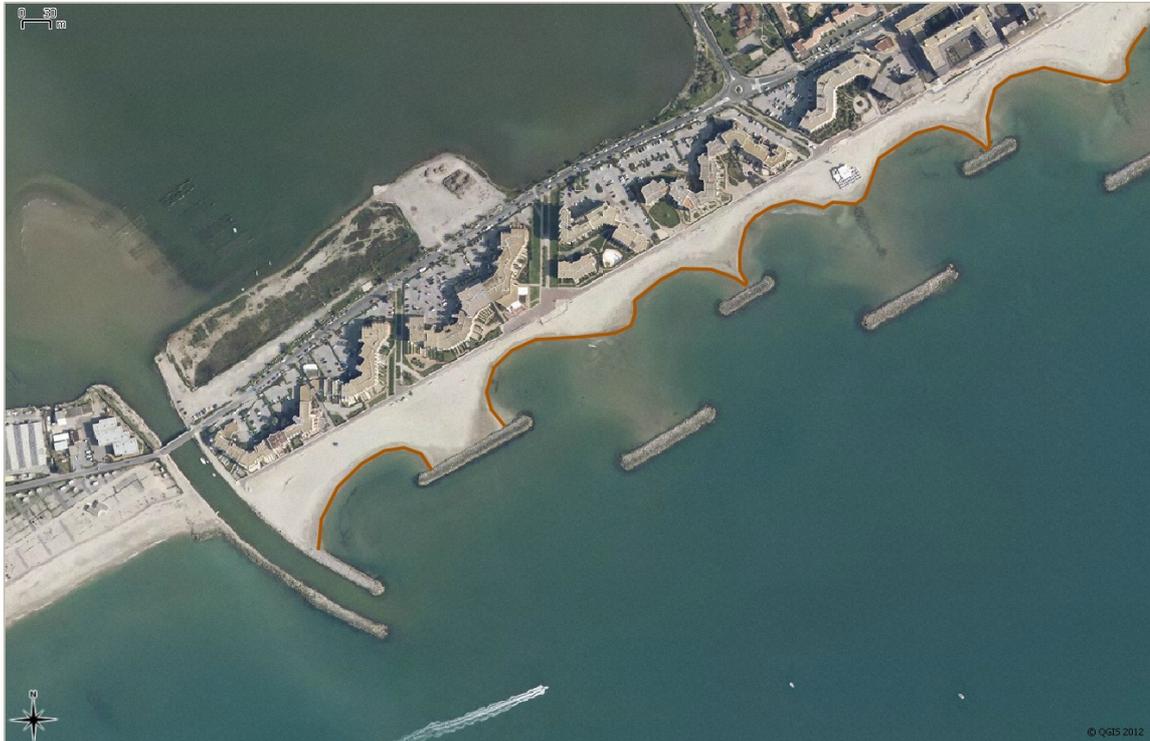


Illustration 29 : Palavas-Les-Flots (34) – Indicateur levé = limite supérieure de l'eau (marron) – Fond de plan : BdOrtho®2008

3.2.4.d. Levé des ouvrages ou aménagements côtiers se substituant au trait de côte

Un certain nombre d'ouvrages ou d'aménagements ont une influence non négligeable sur le trait de côte, soit en le fixant ou en limitant, voire augmentant son recul. De manière à pouvoir identifier les secteurs influencés par ces ouvrages et aménagements, il est nécessaire de les cartographier.

Les ouvrages transversaux (épis, jetées) et les ouvrages au large (brise-lames) seront représentés par une polyligne passant au milieu de l'ouvrage.

Pour les ouvrages longitudinaux de haut de plage (perrés, digues côtières), ils seront représentés par leur limite eau/ouvrage ou la limite sédiment de la plage/ouvrage, en fonction du régime micro- ou macrotidal.

Les photographies ci-dessous (Illustrations 30 et 31) donnent des exemples de digitalisation des ouvrages (polylignes en magenta).



Illustration 30 : Palavas-Les-Flots (34) – Indicateur levé = limite supérieure du jet de rive (marron) – ouvrages (magenta) – Fond de plan : BdOrtho® 2008

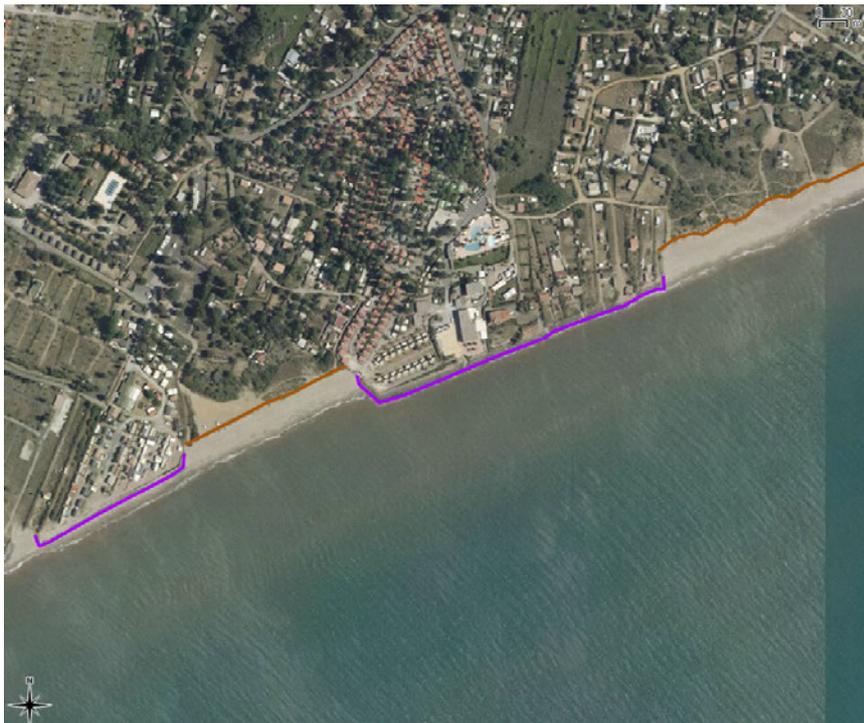


Illustration 31 : Vias (34) – Indicateur levé = limite de la végétation (marron) – ouvrages (magenta) – Fond de plan : BdOrtho® 2008

Cette méthodologie d'identification de la position du trait de côte repose sur le levé d'indicateurs spécifiques au contexte géomorphologique. Ce levé est possible sur le terrain ou en photo-interprétation. La précision et le rendement du relevé dépendent directement du support choisi. Dans le cadre d'une étude diachronique, il est important de pouvoir comparer des traits de côtes comparables, c'est-à-dire ayant pour objet le levé d'indicateurs identiques ou ayant la même variabilité dans le temps et précision dans l'espace. La précision du levé doit être spécifiée lors de sa réalisation : elle est fonction de la qualité du support et de l'indicateur choisi.

4. Spécifications pour la digitalisation du trait de côte

Cette partie est spécifique au travail de digitalisation du trait de côte réalisé dans le cadre de la mise en œuvre de l'axe A de la Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte. Elle peut néanmoins être exploitée par tout utilisateur désireux de produire une information conforme à cette méthodologie nationale, notamment pour faciliter les échanges et l'analyse diachronique de lignes de « trait de côte » obtenues par différents producteurs.

Conformément à ce qui vient d'être présenté, il est demandé, dans la mesure du possible, de choisir comme indicateurs de position du trait de côte :

- pour les côtes macrotidales : la limite de la végétation pérenne côté mer* (côtes basses meuble et rocheuse) et la limite de haut de falaise (côtes à falaise rocheuse ou meuble en érosion) ;
- pour les côtes microtidales : la limite supérieure du jet de rive (côte basse meuble) et la limite de haut de falaise (côte à falaise).

* L'expression « limite de la végétation pérenne côté mer » rassemble ici les limites présentées au chapitre 3.2.1 : la « limite inférieure de la végétation dunaire » (végétation annuelle mais non pionnière et saisonnière), la « limite inférieure de la végétation dunaire pérenne (arbres, arbustes...) », la « limite supérieure du schorre » et la « limite inférieure de la végétation (hors dune) ».

A chaque changement d'indicateur, il sera impératif de créer une nouvelle ligne dans la table attributaire « trait de côte ». Les éléments suivants concernent la description « technique » permettant la production d'une information géographique liée à la position du trait de côte.

4.1 Digitalisation

La digitalisation se fera à partir d'un logiciel SIG (QGIS) et d'une orthophotographie. Les principaux paramètres sont :

- l'échelle d'affichage de l'orthophotographie : elle doit rester constante le long d'une polyligne. Des tests ont permis de conclure qu'une échelle d'affichage au 1/2500^e était adaptée au projet.
- l'espacement entre 2 points de la polyligne : il doit être adapté à la forme de la côte, c'est-à-dire que des courbures demanderont plus de points que des lignes droites. Les nœuds doivent représenter des formes supérieures à 5 mètres.

La digitalisation se fera en commençant par les orthophotographies les plus récentes. Si le trait de côte choisi n'a pas bougé a priori entre 2 orthophotographies (par exemple, trait de côte artificialisé), il est conseillé de s'appuyer sur la polyligne la plus récente afin d'avoir une évolution strictement nulle.

4.2 Remplissage des champs de la table attributaire « trait de côte »

Il est important que le producteur de données remplisse l'ensemble des champs de la table attributaire associée à sa digitalisation. **Si les valeurs des champs changent** (par exemple liées à la qualité de l'orthophotographie, à l'indicateur de position du trait de côte, à la date de l'orthophotographie...), **des lignes différentes doivent être créées dans la table « trait de côte ».**

Les informations écrites dans la table attributaire « trait de côte » ne seront pas utilisées par l'outil MobiTC. Il faudra extraire ces informations pour construire un fichier « metadonnees.xls » (champs donnés en annexe) qui sera, lui, entièrement exploité par l'outil (voir 4.5).

4.3 Spécifications relatives à la table attributaire « ouvrages et aménagements côtiers »

Une table attributaire sera créée lors de la digitalisation des ouvrages en polygones ; **cette table sera distincte de celle relative au trait de côte.**

Les renseignements minimum à remplir seront (si connus) :

- un identifiant ID (à donner a priori dans l'ordre de digitalisation, il ne sera pas utilisé) ;
- l'orientation : longitudinale ou transversale ;
- le type d'ouvrage : perré, mur, épi, brise-lames, digue portuaire, digue côtière, protection individuelle, autre ou inconnu ;
- la date la plus récente où il est toujours visible ;
- la date la plus ancienne où il apparaît.

La digitalisation doit être réalisée à la même échelle que précédemment (1/2500^e) sur la 1^{ère} orthophotographie la plus récente ; la couche SIG est ensuite complétée si nécessaire lors des autres digitalisations des orthophotographies.

Si le linéaire de l'ouvrage a été modifié d'une campagne de photographie à l'autre, il convient de segmenter les parties d'ouvrages récentes et anciennes.

4.5 Format des couches SIG pour les traits de côte et les ouvrages

Les couches SIG des polygones de trait de côte et des polygones des ouvrages seront fournies au format mif/mid. Pour rappel, les informations contenues dans le mid des traits de côte ne seront pas analysées par le logiciel MobiTC. Par contre pour les ouvrages, celles-ci sont conservées.

Les projections devront être les suivantes selon le secteur :

Territoire	Système géodésique	Projection	Code EPSG	Code IGNF
Métropole	RGF93	Lambert 93	2154	LAMB93
Guadeloupe	RRAF 91 (WGS84)	UTM 20	4559	UTM20W84GUAD
Martinique	RRAF 91 (WGS84)	UTM 20	4559	UTM20W84MART
Guyane	RGFG95	UTM 22	2972	UTM22RGFG95
Saint-Pierre et Miquelon	RGSPM06 (ITRF2000)	UTM 21	4467	RGSPM06U21
Réunion	RGR92	UTM 40	2975	RGR92UTM40S
Mayotte	RGM04 (ITRF2000)	UTM 38	4471	RGM04UTM38S

Les champs retenus pour constituer la table attributaire liée aux traits de côte sur orthophotographie sont les suivants (extraits des champs retenus pour le logiciel MobiTC – cf. Annexe 5.2) :

- Année 1, Mois 1, Jour 1
- Année 2, Mois 2, Jour 2
- Fournisseur du trait de côte
- Maître d'ouvrage du trait de côte
- Projection initiale
- Projection dans MobiTC
- Type de limite : limite du jet de rive, limite supérieure du sable mouillé, crête de la berme, haut de falaise dunaire, crête de dune, limite côté mer de la végétation dunaire, limite côté mer de la végétation dunaire pérenne (arbres, arbustes...), limite de végétation (hors dune), haut de falaise, limite supérieure du schorre, limite supérieure de la slikke, cordon de galets, autre ;
- Type de levé : levé ou numérique (NB : ici « numérique »)
- Pour les numérisations :
 - Support : photographies aériennes à géoréférencement manuel, orthophotographies géoréférencées, images satellites non géoréférencées, images satellites géoréférencées, autre
 - Résolution (taille du pixel en m)
 - Échelle de prise de vue (1/xxx)
 - Zoom du numérisation du trait de côte (1/xxx)
 - Couleur : NB (noir et blanc) ou C (couleur)
 - Conditions météorologiques : non significatif, ridée ou belle, calme, peu agitée, agitée, forte
- Intérêt de ce levé/cette numérisation pour l'évolution du trait de côte : oui, non, peut-être
- Champ libre
- Commentaires
- Date de production de la métadonnée (AAAAMMJJ)
- Contact email du producteur de la métadonnée
- nom initial / nom MobiTC
-

5. Annexes

5.1 Tableaux d'indicateurs de position du trait de côte pour chaque type de côte

Contextes géomorphologiques			indicateurs du trait de côte								
			à court terme				à moyen terme		à long terme		
			limite supérieure de l'eau (jet de rive)	limite supérieure du sable mouillé	dernière laisse de haute mer	Crête de berme	pied de dune et/ou de falaise dunaire	limite côté mer de l'extension de la végétation	crête de dune	limite d'extension de la végétation pérenne (arbres et arbustes)	
Côte basse <small>(y compris les plateformes d'érosion en pied de falaise)</small>	macrotidale	meuble/sableuse	avec massif dunaire	n	n	L	L	L	P	P	L
			sans massif dunaire	n	n	L	L	-	P	-	P
		flèche sableuse	n	n	L	L	L	P	P	L	
		cordon de galets	n	n	L	L	-	P	-	L	
		côte rocheuse	n	-	L	-	-	P	-	-	
	microtidale	meuble/sableuse	avec massif dunaire	P	P	L	L	L	P	P	L
			sans massif dunaire	P	P	L	L	-	P	-	P
		flèche sableuse	P	P	L	L	L	P	P	L	
		cordon de galets	P	N	L	P	-	P	-	L	
		côte rocheuse	P	-	L	-	-	P	-	-	

Contextes géomorphologiques		indicateurs du trait de côte	
		pied de falaise	haut de falaise
Côte à falaises <small>(y compris abers, calanques,...)</small>	falaise à forte pente (> 45°)	P	P
	falaise à faible pente (< 45°)	P	P

Contextes géomorphologiques			limite supérieure de l'eau	limite supérieure de la slikke	limite supérieure du schorre
			Côte d'accumulation	macrotidale	marais maritime
microtidale	marais maritime	P		P	P
embouchure / estuaire		L		P	L

Légende :

- n = non adapté (non représentatif du contexte géomorphologique)
- L = indicateur ayant une pertinence limitée (non repérable avec précision et/ou peu représentatif du contexte)
- P = indicateur pertinent (repérable avec précision et/ou représentatif du contexte)
- **P** = indicateur utilisé dans la méthodologie

5.2 Ensemble des champs retenus en entrée du logiciel MobiTC

Les champs retenus pour constituer les métadonnées des traits de côte sont les suivants :

- Année 1, Mois 1, Jour 1
- Année 2, Mois 2, Jour 2
- Fournisseur du trait de côte
- Maître d'ouvrage du trait de côte
- Projection initiale
- Projection dans MobiTC
- Type de limite : talus pré-littoral, limite du jet de rive, limite supérieure du sable mouillé, dernière laisse de haute mer, crête de la berme, fond de plage, pied de dune, haut de falaise dunaire, crête de dune, limite côté mer de la végétation dunaire, limite côté mer de la végétation dunaire pérenne (arbres, arbustes...), limite de végétation (hors dune), pied de falaise, haut de falaise, haut du cône d'éboulis, limite supérieure du schorre, limite supérieure de la slikke, cordon de galets, position de la 1^{ère} barre d'avant-côte, position de la 2^{nde} barre d'avant-côte, limite générée par MNT, limite du domaine public maritime, limite parcellaire, autre ;
- Type de levé : levé ou numérique
- Pour les levés in situ :
 - Matériel : GPS, dGPS, géodimètre, théodolite, tachéomètre, autre
 - Moyens : piéton, poussette, vélo, quad, voiture, cheval, autre
 - Conditions météorologiques : non significatif, ridée ou belle, calme, peu agitée, agitée, forte
- Pour les numérisations :
 - Support : photographies aériennes à géoréférencement manuel, orthophotographies géoréférencées, images satellites non géoréférencées, images satellites géoréférencées, autre
 - Résolution (taille du pixel en m)
 - Échelle de prise de vue (1/xxx)
 - Zoom du numérisation du trait de côte (1/xxx)
 - Couleur : NB (noir et blanc) ou C (couleur)
 - Conditions météorologiques : non significatif, ridée ou belle, calme, peu agitée, agitée, forte
- Pour les numérisations à partir de MNT :
 - Type de MNT : Lidar, dGPS, photogrammétrie, théodolite, bathymétrie, autre
 - Résolution
 - Précision
 - Cote de la ligne de niveau utilisée (niveau de mer de référence)
 - Incertitude (+/- erreur/2)
- Intérêt de ce levé/cette numérisation pour l'évolution du trait de côte : oui, non, peut-être
- Champ libre
- Commentaires
- Date de production de la métadonnée (AAAAMMJJ)

- Contact email du producteur de la métadonnée
- nom initial
- nom MobiTC

5.3 Bibliographie

AERNOUITS D., HEQUETTE A. (2006). *L'évolution du rivage et des petits-fonds en baie de Wisant pendant le XXe siècle (Pas-de-Calais, France)*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, n°1, pp.49-64. [URL : <http://geomorphologie.revues.org/477>]

AUBIE S., GENNA A., PETITJEAN J., avec la collaboration de MALLET C. et CAPDEVILLE J.P. (2005). *Évolution historique du littoral basque français*. Rapport BRGM/RP-53454-FR, 59p.

BATTIAU-QUENEY Y., FAVENNEC J. (2003). *Connaissance et gestion durable des dunes de la côte atlantique. Manuel récapitulatif des enseignements du projet européen Life-Environnement de « Réhabilitation et gestion durable de quatre dunes françaises »*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol.9, n°3, pp.203-204. [URL : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/morfo_1266-5304_2003_num_9_3_1184]

BERSANI C., SIMONI M.-L., DENEGRE J., ALLAIN Y.-M., PLANQUES P., RIBIERE G., TUGAYE Y. (2006). *Rapport relatif au schéma d'organisation des dispositifs de recueil de données et d'observation sur le littoral*. Ministère de l'Intérieur et de l'Aménagement du Territoire, Ministère des Transports, de l'Équipement, du Tourisme et de la Mer et Ministère de l'Écologie et du Développement Durable, 120p. + 19 annexes.

BOAK E.H., TURNER I.L. (2005). *Shoreline definition and detection: a review*. Journal of Coastal Research, 21(4), 688–703. West Palm Beach (Florida), ISSN : 0749-0208.

BONNOT-COURTOIS C. (UMR PRODIG., EPHE), LEVASSEUR J.E. (Université de Rennes 1) (2002, en cours de réédition). *Reconnaissance de la limite terrestre du domaine maritime : intérêt et potentialités de critères morpho-sédimentaires et botaniques*. Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales et association « RIVAGES », 149 p.

BONNOT-COURTOIS C., LEVASSEUR J.E. (2003). *Recherche d'indicateurs « naturalistes » de la limite supérieure du domaine maritime*. Cahiers Nantais, n°59, pp. 47-56.

BRGM (en cours de validation). *Synthèse de référence des techniques de suivi du trait de côte*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, 222p.

CETE Normandie-Centre (2004). *Utilisation de l'orthophotographie littorale pour la limite géomorphologique du trait de côte*. Centre d'Études Techniques Maritimes et Fluviales, 23p. + 5 annexes

CHAHINE M., DORIDOT M., POTHERAT P. (1999). *L'utilisation de la photo-interprétation dans l'établissement des plans de prévention des risques liés aux mouvements de terrain : guide technique*. LCPC, 128p. ISBN : 2-7208-3800-4.

EL ABDELLAOUI J.E., OZER A. (2007). *Étude diachronique et historique de l'évolution du trait de côte de la baie de Tanger (Maroc)*. Télédétection, vol.7, n°1-2-3-4, pp.157-171. [URL : <http://www.teledetection.net/upload/TELEDETECTION/pdf/20080404171811.pdf>]

FAYE I.B.N., HENAFF A., GOURMELON F., TAHIROU-DIAW A. (2008). *Évolution du trait de côte à Nouakchott (Mauritanie) de 1954 à 2005 par photo-interprétation*. Norois, vol.208, n°3, pp.11-27. [URL : <http://norois.revues.org/pdf/2146>].

HEURTEFEUX H., SABATIER F., GROSSET S., RICHARD P. (2009). *Bilan de 25 ans de gestion d'une flèche sableuse à pointe libre*. Conférence Méditerranéenne Côtière et Maritime, Ed.1, Hammamet, Tunisie. pp. 207-210. [URL : <http://www.paralia.fr/cmcm/e01-52.pdf>]

- KOMAR P.D. (1997). *Beach processes and sedimentation*. 2nd édition, Prentice Hall, New Jersey, 544 p.
- LE BERRE I., HENAFF A., DEVOGELE T., MASCRET A., WENZEL F. (2005). *SPOT 5 : un outil pertinent pour le suivi du trait de côte ?* Norois, vol.196, n°3, pp.23-35. [URL : <http://norois.revues.org/pdf/378>]
- MALLET C., LAFON V., DESPRATS J.F. (2007). *Cartographie des faciès géomorphologiques du littoral à partir des données FORMOSAT-2*. Rapport BRGM/RP-56101-FR, 69p.
- MANAUD F., L'YAVANC J., NEGRE S., TOUGERON C., TRUT G. (2001). *Élaboration d'un outil de gestion prévisionnelle de la côte Aquitaine. Phase 3 : Diagnostic d'évolution et recommandations*. Contribution de l'IFREMER. Rapport IFREMER DEL-AR. 133p. [URL : http://oca.brgm-rec.fr/IMG/pdf/IFREMER_2001_-_Diagnostic.pdf]
- MENIE OVONO Z. (2010). *Évolution de la flèche Mandji de l'Holocène à l'actuel. Analyse et cartographie du risque côtier*. Rapport de thèse. Université de Nantes – Institut de Géographie et d'Aménagement Régional. Laboratoire Géolittomer (LETG UMR 6554 CNRS). 300p. [URL : http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/49/20/18/PDF/Rapport_final_these_zephirin_MENIE.pdf]
- Mission Inter-services de la Mer Et du Littoral (2010). *Fiche technique n°3b. Ligne de référence sur le littoral : quel trait de côte choisir ?* DREAL Basse-Normandie, 4p. [URL : http://www.donnees.basse-normandie.developpement-durable.gouv.fr/pdf/MIMEL/FT3b_MIMEL.pdf]
- Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Logement (1997). *Plans de prévention des risques littoraux (PPR). Guide méthodologique*. La Documentation française, 54p. ISBN : 2-11-003883-7.
- Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (2012). *Stratégie nationale de gestion intégrée du trait de côte : Vers la relocalisation des activités et des biens*. 20p. [URL : http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/12004_Strategie-gestion-trait-de-cote-2012_DEF_18-06-12_light.pdf]
- Observatoire de la Côte Aquitaine (2008). *Atlas de l'aléa érosion du littoral sableux aquitain. De l'estuaire de la Gironde à l'embouchure de l'Adour*. Rapport provisoire. 26p. [URL : http://oca.brgm-rec.fr/IMG/pdf/synth-se_Atlas.pdf]
- ROBIN M. GOURMELON F. (2005). *La télédétection et les SIG dans les espaces côtiers. Éléments de synthèse à travers le parcours de François Cuq*. Norois, vol.196, n°3, pp.11-27. [URL : <http://http://norois.revues.org/368>]
- STEPHAN P., SUANEZ S. (2004). *Mobilité du trait de côte en baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor) ou le résultat d'une plage en accrétion*. VII^{èmes} Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Compiègne. pp.273-278. [URL : http://www.paralia.fr/Files/08_30_6p_stephan.pdf]
- STEPHAN P. (2011). *Quelques données nouvelles sur la mobilité récente (1930-2008) et le bilan sédimentaire des flèches de galets de Bretagne*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, n°2, pp.205-232. [URL : <http://geomorphologie.revues.org/9416>]
- TOURE B. (2012). *Dynamique du trait de côte : Actualisation des vitesses d'évolution du trait de côte et premières réflexions sur les rythmes d'évolution – Cas du littoral normand picard*. Rapport de Master2 Pro « Cartographie et gestion des espaces à fortes contraintes ». Institut de géographie et d'aménagement régional de l'Université de Nantes, Réseau d'observation du littoral normand-picard et CETE Normandie-Centre. 80p. + 3 annexes
- YONI C. (1997). *Évolution des flèches dunaires à pointe libre de Bretagne depuis les années 1950*. Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol.3, n°3, pp.209-226. [URL : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/morfo_1266-5304_1997_num_3_3_920]

Sites Internet consultés :

<http://www.geoportail.gouv.fr/>

<http://www.ign.fr/>

<http://www.shom.fr/>

<http://cassini.ehess.fr>

<http://cartanciennes.free.fr>

<http://www.pays-royannais-patrimoine.com/>

<http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/>

<http://littoral.aquitaine.fr>



Centre d'Etudes Techniques Maritimes Et Fluviales

2, Boulevard Gambetta - BP 60039
60321 - COMPIEGNE Cedex

☎ : 03 44 92 60 00

✉ : 03 44 20 06 75

cetmef@developpement-durable.gouv.fr

Conception : CETMEF

ISRN EQ-CETMEF-12-00-FR

Identifiant CETMEF : R12-00

Couverture : © Cetmef / Photo :

www.cetmef.developpement-durable.gouv.fr