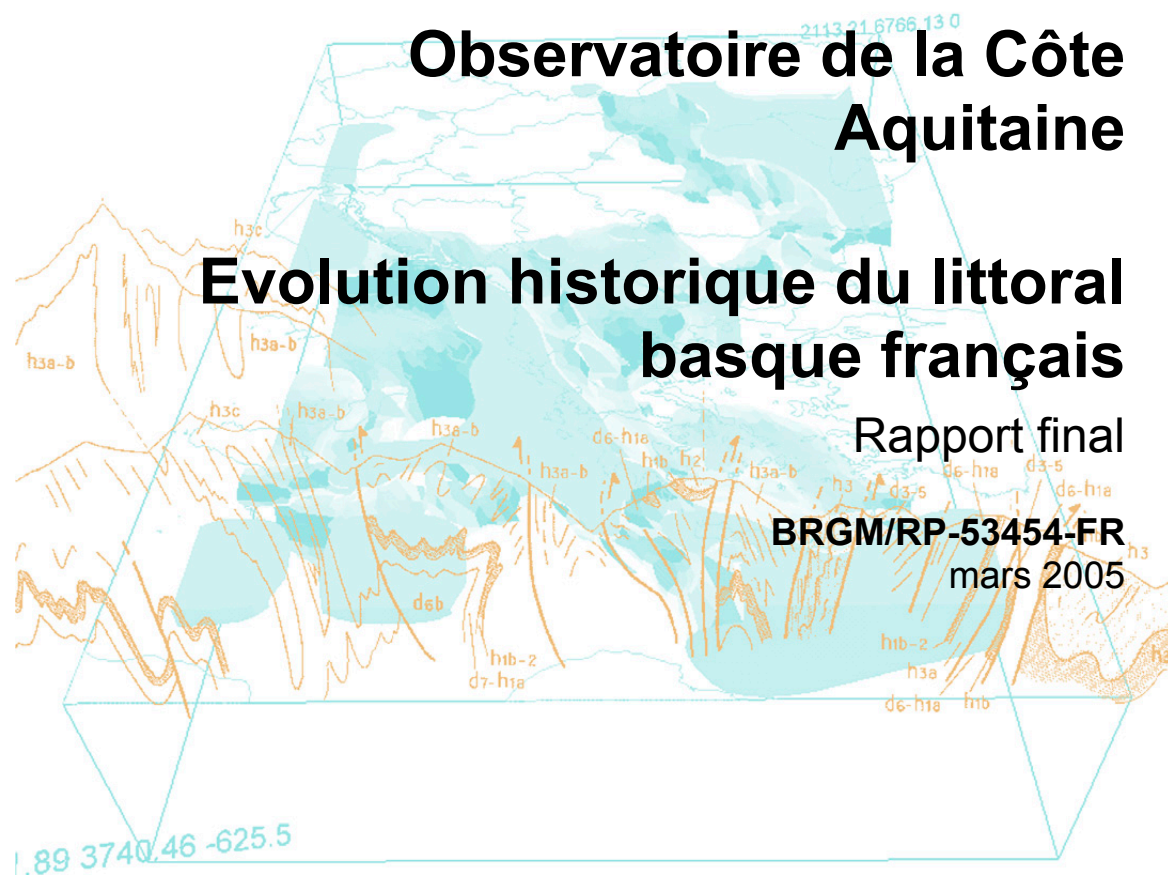


Document public



Observatoire de la Côte Aquitaine

Evolution historique du littoral basque français

Rapport final

BRGM/RP-53454-FR
mars 2005

Étude réalisée dans le cadre des opérations
de Service public du BRGM 2004 03LITA05

S. Aubié, A. Genna, J. Petitjean
Avec la collaboration de
C. Mallet, J.P. Capdeville

Vérificateur :

original signé par C. MALLET

Approbateur :

original signé J. DUBREUILH

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.

Mots clés : Evolution du littoral, géologie, trait de côte, photographies aériennes, documents iconographiques.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Aubié S., Genna A., Petitjean J., avec la collaboration de C. Mallet et J.P. Capdeville (2005) : Evolution historique du littoral basque français, Rapport BRGM/RP-53454 -FR, 32 illustrations, 1 ann., 59 p.

© BRGM, 2005, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

Synthèse

Cette étude fait partie des travaux menés dans le cadre de l'Observatoire de la Côte Aquitaine cofinancé par l'Etat, la Région Aquitaine, le département des Pyrénées-Atlantiques et le BRGM. Elle a pour objectif d'évaluer le recul historique du littoral basque français à partir de documents cartographiques anciens et de photographies aériennes.

La côte basque, longue de 42 km se situe au fond du Golfe de Gascogne. Elle est limitée au Nord par l'embouchure de l'Adour et au Sud par l'embouchure de la Bidassoa. Ce littoral est caractérisé par une diversité géologique et géomorphologique induisant des paysages très variés.

Dans le cadre de la présente étude, la méthodologie mise en œuvre a consisté à :

- analyser des documents cartographiques anciens (cartes de Cassini et du SHOM) ;
- cartographier l'évolution du pied de falaise à partir de l'analyse de plusieurs missions de photographies aériennes de l'IGN, de 1938 à 2000 et des cartes anciennes du SHOM de 1829 et 1882 ;
- réaliser et analyser une banque de données de documents iconographiques anciens et récents (cartes postales anciennes et photographies récentes).

L'analyse des différents documents permet de proposer, sur l'ensemble du littoral, une estimation du recul du pied de falaise depuis le XVIII^{ème} siècle.

Le recul moyen du littoral sur la période 1829 - 2000, soit sur 171 ans est de 30 cm/an. Le recul maximal est estimé à 80 cm/an (précision + ou - 10 cm/an) sur cette même période dans la baie d'Erromardie.

Sommaire

1. INTRODUCTION.....	9
2. PRESENTATION DU SECTEUR D'ETUDE	11
2.1. LOCALISATION DU SECTEUR D'ETUDE	11
2.2. CONTEXTE PHYSIQUE	11
2.2.1. <i>Morphologie</i>	11
2.2.2. <i>Géologie</i>	14
2.3. MECANISMES D'EROSION	18
2.3.1. <i>Les effets de la houle</i>	18
2.3.2. <i>La disparition des plages</i>	20
3. DONNEES UTILISEES	23
3.1. LES CARTES ANCIENNES	23
3.2. LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE L'IGN.....	23
3.3. LES DOCUMENTS ICONOGRAPHIQUES ANCIENS	23
3.4. AUTRES DONNEES	24
4. MISE EN FORME DES DONNEES	25
4.1. TRAITEMENT DE L'INFORMATION ISSUE DES CARTES ANCIENNES	25
4.1.1. <i>Carte de Cassini</i>	25
4.1.2. <i>Cartes marines du SHOM</i>	25
4.2. TRAITEMENT DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE L'IGN	25
4.2.1. <i>Géoréférencement</i>	25
4.2.2. <i>Digitalisation du trait de côte</i>	26
4.3. TRAITEMENT DES DOCUMENTS ICONOGRAPHIQUES ANCIENS	26
5. ANALYSE ET INTERPRETATION DES EVOLUTIONS CONSTATEES.....	27
5.1. LES CARTES TOPOGRAPHIQUES ANCIENNES ET RECENTES.....	27
5.2. EVOLUTION DU TRAIT DE COTE SUR LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE L'IGN ET LES CARTES ANCIENNES DU SHOM	35
5.3. LES DOCUMENTS ICONOGRAPHIQUES.....	44
6. CONCLUSION	53
7. BIBLIOGRAPHIE.....	55

Liste des illustrations

Illustration 1 : Présentation du littoral basque	12
Illustration 2 : Types géologiques identifiés sur la Côte Basque (<i>Genna et al.</i> , 2004).....	13
Illustration 3 : Principales variantes des types géologiques de la figure précédente	14
Illustration 4 : Schéma de principe. Evolution du littoral, dans le cas où la côte est constituée d'une roche non altérée en front de mer et d'altérites à l'intérieur. 1 : état initial, 2 : ouverture des baies, 3 : formation d'îlots, 4 : formation d'une grande plage	16
Illustration 5 : Blocs diagrammes a, b, c, et d correspondant aux différents cas de l'illustration 4	17
Illustration 6 : Présentation sommaire des agents de l'érosion marine (processus aériens et aquatiques)	18
Illustration 7 : Effets de réfraction de la houle dans le cas d'une baie (a) avec une dépression centrale correspondant à une vallée ancienne ou à un approfondissement des altérites au droit d'une rivière et dans le cas d'une pointe (b)	19
Illustration 8 : Erosion du substratum et déplacement longitudinal de la morphologie paysagère	21
Illustration 9 : Scénarios d'évolution de profils de côte observés à partir de deux points fixes.....	22
Illustration 10 : Reconstitution schématique du trait de côte de 1700 à l'an 2000, d'après les cartes anciennes, autour de la ville de Biarritz	27
Illustration 11 : Evolution de la baie de Saint-Jean-de-Luz depuis l'établissement de la Carte de Cassini. a : extrait de la carte de Cassini, b : évolution du trait de côte sur le pourtour de la Baie de Saint-Jean-de-Luz. En rouge, surface érodée depuis l'établissement de la carte de Cassini	28
Illustration 12 : Carte de répartition des zones qui ont subi une importante ablation depuis le XVIII ^{ème} siècle, d'après la carte de Cassini	29
Illustration 13 : Extraits de la carte de Cassini (à gauche) et de la carte de l'IGN (à droite, © IGN 1/25000) autour du Fort de Socoa	30
Illustration 14 : Extraits de la carte de 1829 (à gauche, © SHOM 2003) et de la carte de l'IGN (à droite, © IGN 1/25000) de la Baie d'Erromardie	31
Illustration 15 : Extraits de la carte de 1829 (à gauche, © SHOM 2003) et de la carte de l'IGN (à droite © IGN 1/25000) des Baies de Senix, Mayarco et Lafiténia.....	31
Illustration 16 : Extrait de la carte de 1882 (© SHOM 2003), Ville de Biarritz	32
Illustration 17 : Deux cas d'évolution de côte à lithologies contrastées. a : stratification parallèle à la côte, b : stratification perpendiculaire à la côte. En blanc : faciès dur, en jaune : faciès tendre	33
Illustration 18 : Exemple d'évolution du trait de côte entre 1829 et 2000 sur les plages de Marbella et de la Milady à Biarritz	35
Illustration 19 : Evolution du trait de côte entre 1829 et 2000 sur le secteur de la Pointe Saint-Martin à Biarritz	37

Illustration 20 : Evolution du trait de côte entre 1829 et 2000 sur le secteur d'Erromardie à Saint-Jean-de-Luz.....	38
Illustration 21 : Evolution du trait de côte entre 1882 et 2000 sur le secteur de la Pointe Saint-Martin à Biarritz.....	39
Illustration 22 : Evolution du trait de côte entre 1882 et 2000 au sud de la baie de Saint-Jean-de-Luz	40
Illustration 23 : Evolution du trait de côte entre 1938 et 2000 au nord de la plage de Marbella à Biarritz	41
Illustration 24 : Evolution du trait de côte entre 1938 et 2000 à Erretegia sur la commune de Bidart	42
Illustration 25 : Synthèse des évolutions significatives sur le littoral de la côte basque de 1829 à 2000 (précision entre 10-20 m).....	43
Illustration 26 : Localisation des sites présentés comme exemples pour illustrer les modifications morphologiques entre les cartes postales anciennes et les photos numériques de 2004	45
Illustration 27 : Erosion du rocher du Basta à Biarritz entre 1907 et 2004	46
Illustration 28 : Evolution morphologique de la Côte des Basques entre le début du siècle dernier et 2004.....	47
Illustration 29 : Tableau représentant la Villa Eugénie à la fin du XIX ^{ème} siècle (Gallica, Bibliothèque nationale de France)	48
Illustration 30 : Erosion de la Pile d'Asiettes à Saint-Jean-de-Luz entre le début du siècle dernier et 2004.....	49
Illustration 31 : Evolution morphologique de la plage d'Hendaye de 1900 à 2004.....	50
Illustration 32 : Erosion du site des Deux-Jumeaux entre le début du dernier siècle et 2004	51

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des documents du SHOM mis à disposition	57
--	----

1. Introduction

La présente étude a été réalisée dans le cadre des missions de service public qui ont été confiées au Service Géologique Régional Aquitaine du BRGM. Elle est cofinancée par l'Etat, la Région Aquitaine, le département des Pyrénées-Atlantiques et le BRGM. Ces travaux s'intègrent dans le Contrat de Plan Etat-Région 2001-2006, signé le 19 avril 2000. Cette étude fait partie des travaux menés dans le cadre de l'Observatoire de la Côte Aquitaine.

Elle vient compléter celles déjà faites sur la caractérisation géologique de la côte basque et l'évaluation de l'aléa "mouvements de terrain" à l'échelle du 1/20 000.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer le recul historique du littoral basque français à partir de documents cartographiques anciens et de photographies aériennes.

Cette première approche de l'évolution historique du littoral basque doit permettre la mise en évidence de secteurs présentant des reculs significatifs depuis le début du XVIII^{ème} siècle.

2. Présentation du secteur d'étude

2.1. LOCALISATION DU SECTEUR D'ETUDE

Situé dans le département des Pyrénées-Atlantiques (64), le littoral basque français s'étend sur 42 km (illustration 1). Il est délimité, au Nord, par l'embouchure de l'Adour et au Sud par la frontière espagnole matérialisée par l'embouchure de la Bidassoa.

2.2. CONTEXTE PHYSIQUE

2.2.1. Morphologie

Le littoral basque français débute au Nord, entre l'Adour et la Pointe Saint-Martin par une côte sableuse de 4 à 5 kilomètres correspondant à la terminaison méridionale du système de dunes landais. Il se poursuit ensuite vers le sud par des falaises se prolongeant au-delà de la frontière espagnole. Ce littoral escarpé est localement interrompu par des baies dont la principale est la baie de Saint-Jean-de-Luz où se jette la Nivelle.

Les paysages du littoral basque sont constitués d'une association d'éléments tels que : les estuaires, les falaises et les plages, recouverts d'une végétation de type arbustive.

Les falaises du littoral basque ont une hauteur comprise entre 10 m et 70 m et leur pente est comprise entre 25 ° et 90 °.

L'hétérogénéité des formes d'érosion est liée à plusieurs agents naturels dynamiques, océaniques, climatiques et hydrologiques. Ceux-ci interviennent différemment sur chaque formation géologique en fonction de leurs caractéristiques.

Une typologie géologique de la côte basque a été définie par le BRGM, dans le cadre des travaux de l'Observatoire de la Côte Aquitaine (*Genna et al., 2004*). En fonction du comportement mécanique des roches et de leur mode de dégradation, sept types de côtes ont été déterminés (illustration 2). Des variations (sous-types) s'ajoutent à cette typologie en fonction du pendage, de la stratification, de l'épaisseur des couches et de la présence de plages (illustration 3).

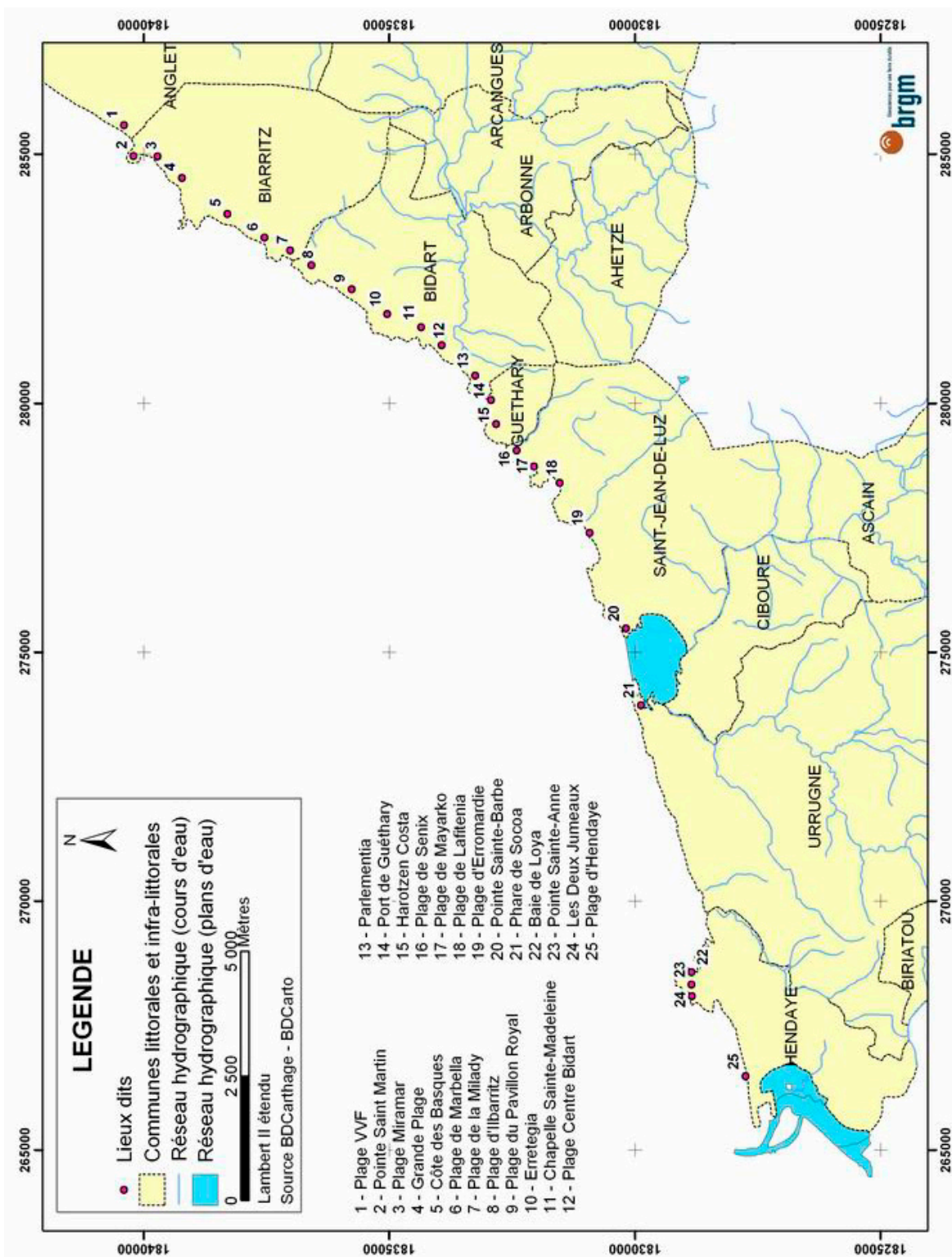


Illustration 1 : Présentation du littoral basque

TYPE	FORME	OBSERVATIONS GEOLOGIQUES	SCHEMA
1	stratification horizontale ou sub-horizontale avec couverture de sédiments récents et altérites de faible épaisseur.	Ce type caractérise principalement les formations oligocènes du synclinal de Biarritz (calcaires et marnes gréseuses) ainsi que divers secteurs de la Pointe Sainte-Anne.	
2	stratification déformée et meuble avec couverture récente et altérites.	Ce type caractérise principalement les marnes et marno-calcaires (Eocène) de la Côte des Basques au sud de Biarritz.	
3	roche dure et plissée avec couverture récente et altérites.	Ce type caractérise principalement la partie nord du flysch crétacé au sud de Bidart.	
4	roche dure et plissée avec altérites au sommet.	Ce type caractérise principalement le flysch crétacé, de Parmentia (Guéthary) à Saint-Jean-de-Luz ainsi qu'une zone au sud d'Haizabia.	
5	roche dure basculée et non plissée.	Ce type caractérise principalement le flysch crétacé de la Grande Corniche.	
6	altérites en reliefs bas.	Ce type caractérise diverses zones qui se situent entre Guéthary et Bidart et des zones intermédiaires de part et d'autre de certaines baies.	
7	sables et dunes.	Ce type caractérise le fond de certaines baies qui ont quelquefois été bâties.	

Illustration 2 : Types géologiques identifiés sur la Côte Basque (Genna et al., 2004)

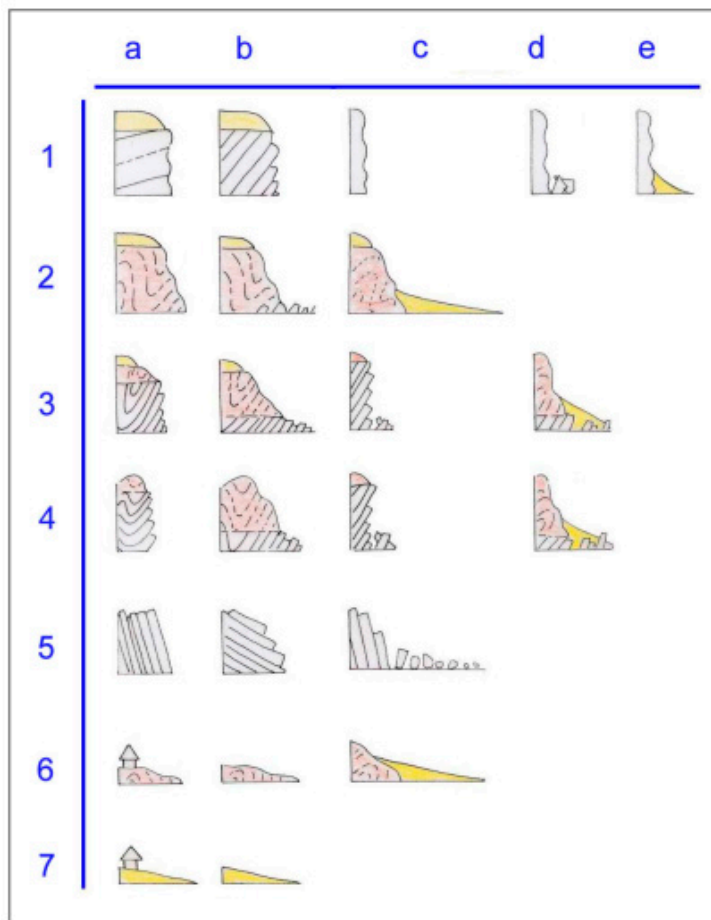


Illustration 3 : Principales variantes des types géologiques de la figure précédente

2.2.2. Géologie

Généralités

Les connaissances géologiques du littoral de la Côte Basque viennent essentiellement de l'étude géologique simplifiée de la Côte Basque (*Genna et al.*, 2004), également réalisée dans le cadre des travaux de l'Observatoire de la Côte Aquitaine.

La Côte Basque présente une diversité géologique importante. Stratigraphiquement, les séries affleurantes vont des formations triasiques du Keuper (220 millions d'années) aux plages et dunes récentes landaises. Les formations géologiques sont très déformées dans la partie sud de la côte par la formation de la chaîne pyrénéenne et moins fracturées dans la partie nord.

Les roches sont altérées en surface (altérites). Ces altérations modifient notablement le comportement mécanique des roches qui sont plus aisément sujettes à des phénomènes d'instabilité. Les mouvements de terrain sont traités, par ailleurs, dans l'étude BRGM (Nédellec *et al.*, 2004) : "Evaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur la Côte Basque", réalisée dans le cadre des travaux de l'Observatoire de la Côte Aquitaine.

L'altération des roches (extrait du rapport Genna *et al.*, 2004)

La dynamique d'érosion côtière est fortement influencée par la répartition des altérites basque. Elle détermine l'évolution future du trait de côte. En effet, le déblaiement par l'océan des matériaux de la côte ne s'effectue pas partout de la même manière ni à la même vitesse. Les calcaires et roches dures ont tendance à développer des falaises subverticales. Les altérites produisent un profil d'équilibre beaucoup plus plat, inférieur à 45°. Le recul de la falaise est beaucoup plus rapide dans les altérites que dans les roches dures. Ce mécanisme semble être à l'origine de la baie de Saint-Jean-de-Luz et de diverses plages de la côte dite rocheuse.

Au nord de Saint-Jean-de-Luz, il ne reste plus qu'une mince barre de calcaires durs, le long de la côte. A l'arrière de cette barre, les altérites semblent se développer en surface et jusqu'à un niveau voisin du niveau de la mer. Cette organisation peut s'étendre jusqu'au pied des premiers reliefs pyrénéens. La baie de Saint-Jean-de-Luz constitue une première trouée de l'océan à travers cette muraille naturelle. Il en est de même, dans une moindre mesure, sur diverses plages de la côte où il est prévisible de voir se développer d'autres baies identiques à celle de Saint-Jean-de-Luz. Ces constatations nous conduisent à proposer un modèle d'évolution global de cette partie de la côte. Il est résumé par les illustrations 4 et 5.

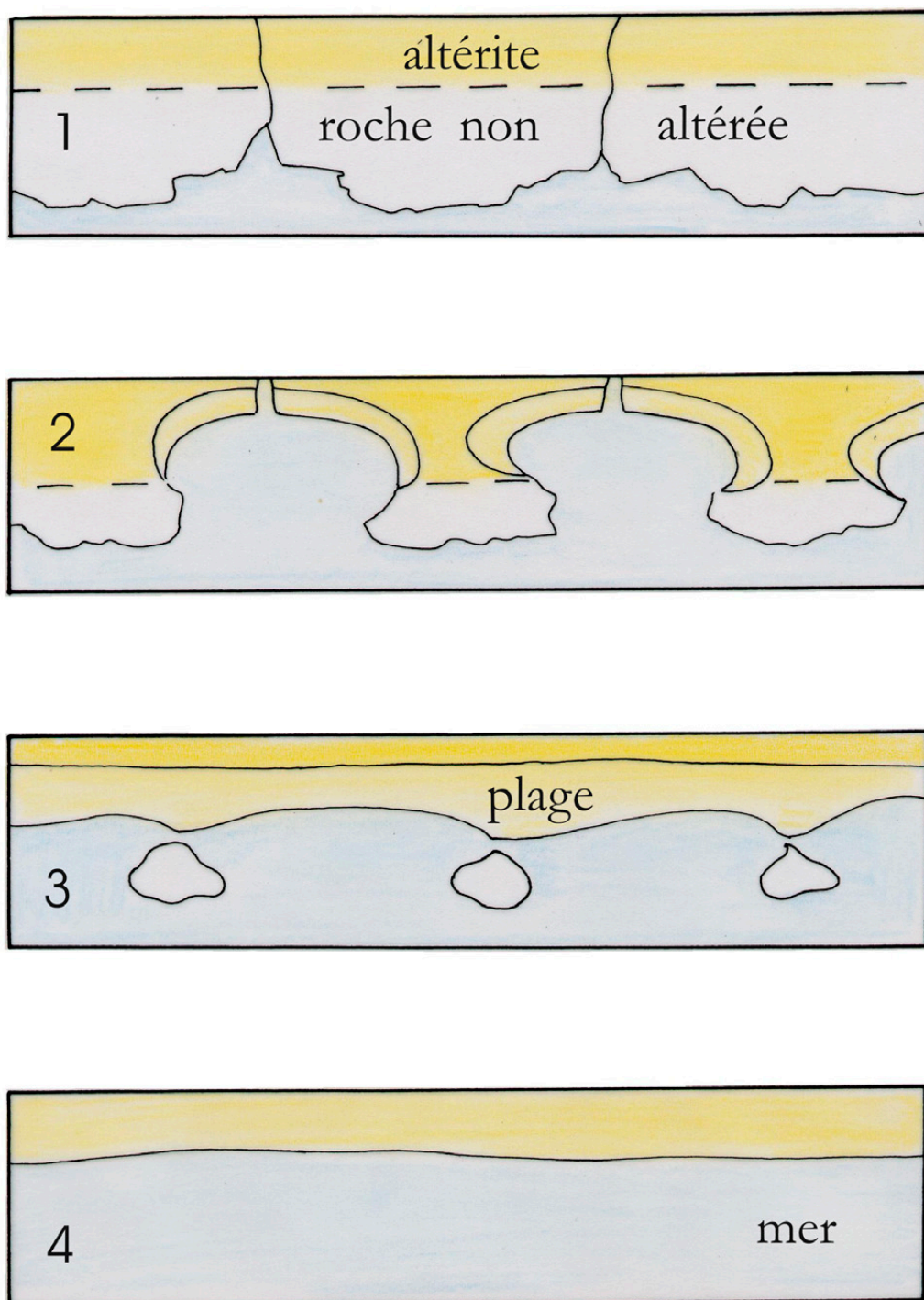


Illustration 4 : Schéma de principe. Evolution du littoral, dans le cas où la côte est constituée d'une roche non altérée en front de mer et d'altérites à l'intérieur. 1 : état initial, 2 : ouverture des baies, 3 : formation d'îlots, 4 : formation d'une grande plage

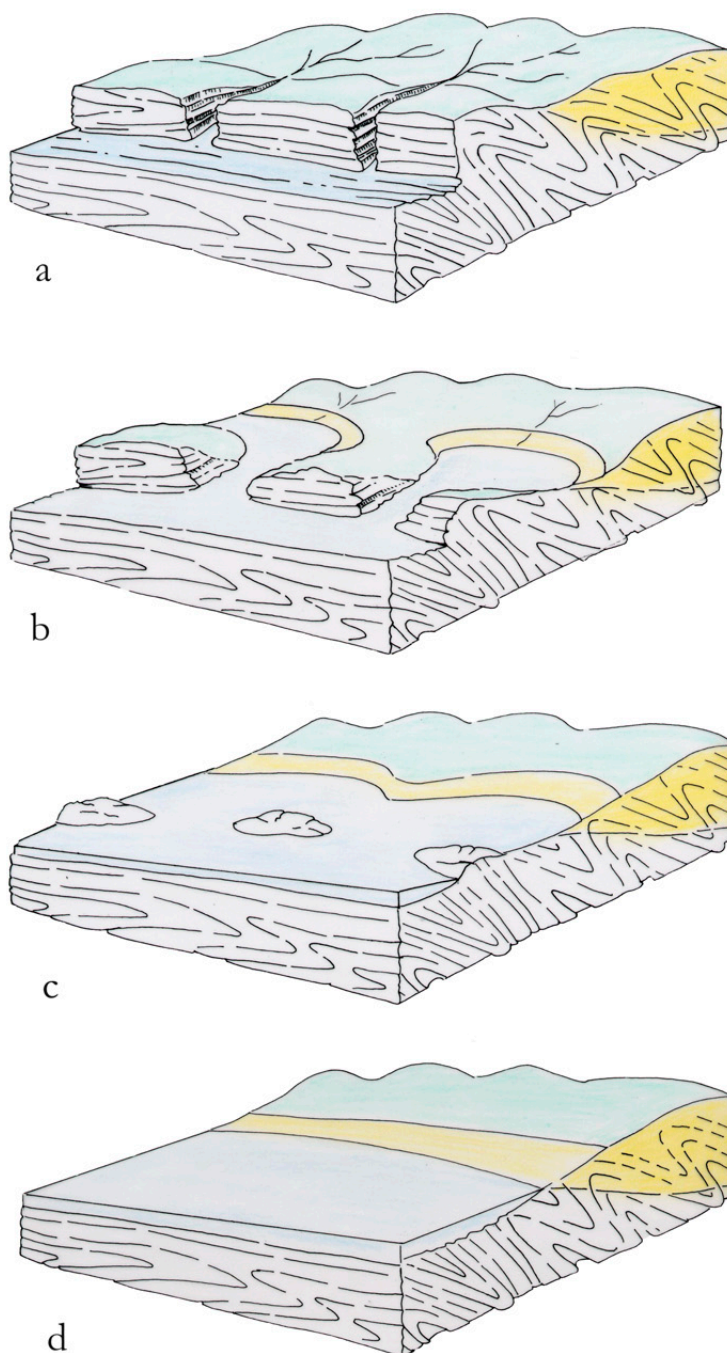


Illustration 5 : Blocs diagrammes a, b, c, et d correspondant aux différents cas de l'illustration 4

2.3. MECANISMES D'EROSION

2.3.1. Les effets de la houle

Les phénomènes directement liés à la houle ont été intégrés aux phénomènes d'érosion (amplitude des effets mécaniques de la houle et phénomènes de réfraction sur les topographies particulières). L'analyse de ces mécanismes met en évidence le rôle fondamental du rabotage de l'estran et du plateau qui est sous l'influence des vagues.

Ainsi, l'érosion marine peut être divisée en deux parties (illustration 6), le domaine aérien et le domaine sous-marin. La partie aérienne, la plus visible, est classiquement la mieux prise en compte. Il semble que seul le fort de Socoa ait bénéficié d'un aménagement pour limiter les effets du rabotage de l'estran.

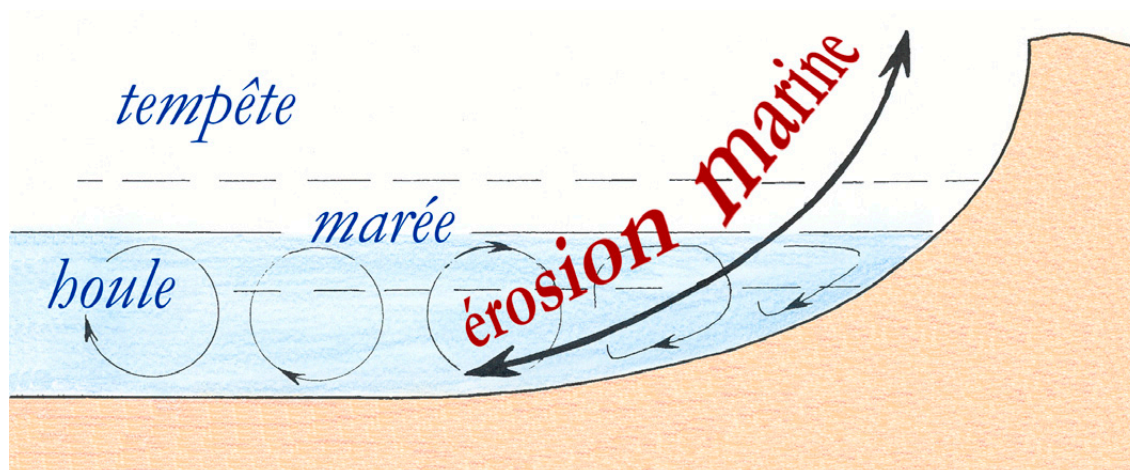


Illustration 6 : Présentation sommaire des agents de l'érosion marine (processus aériens et aquatiques)

Une fois individualisées, il semble que les pointes ne reculent plus mais deviennent des îles, lorsqu'elles ont, à l'arrière, une roche tendre ou des altérites. Ce mécanisme peut être comparé à l'effet de « flute-mark » qui définit la déviation des courants par les objets qui les perturbent en milieu sédimentaire. L'exemple de la Pile d'Assiettes de Saint-Jean-de-Luz montre que le relief descend progressivement mais ne recule pas. Des effets de tombolo peuvent également se produire, comme à la Pointe Sainte-Anne à Hendaye. L'illustration 33 met en évidence les effets de la réfraction de la houle sur la géométrie de la côte.

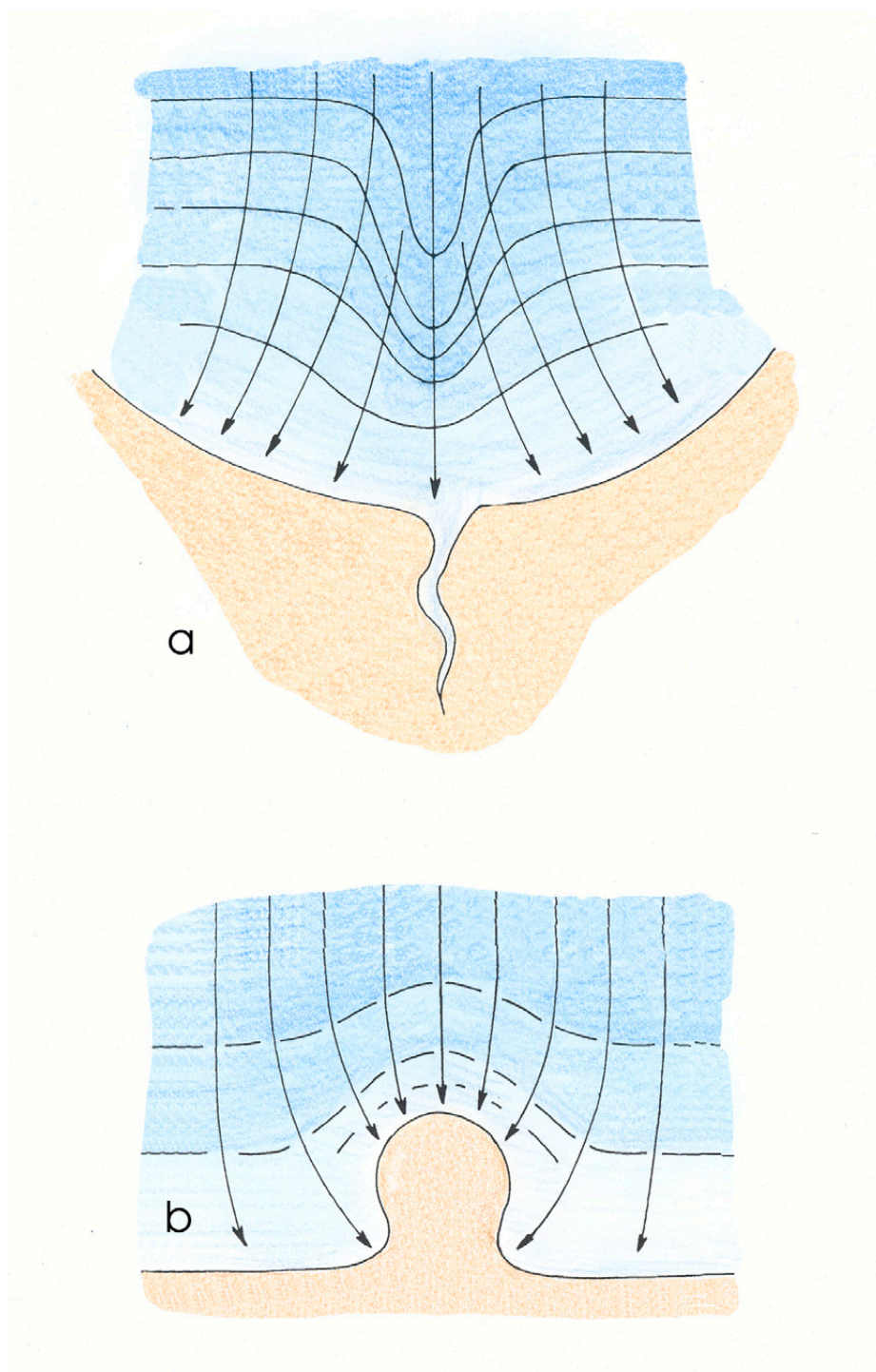


Illustration 7 : Effets de réfraction de la houle dans le cas d'une baie (a) avec une dépression centrale correspondant à une vallée ancienne ou à un approfondissement des altérites au droit d'une rivière et dans le cas d'une pointe (b)

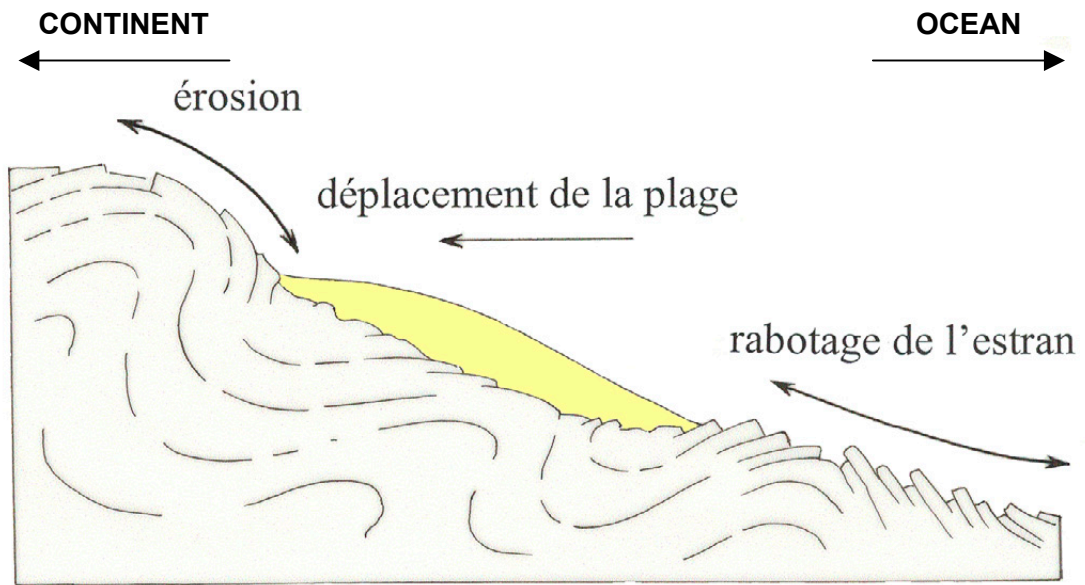
Les zones actuelles à rochers bas, visibles uniquement à marée basse, peuvent être considérées comme des indicateurs de la ligne de côte ancienne. Les lithologies compétentes semblent favoriser une évolution rapide. Deux zones situées de part et d'autre de la Baie de Saint-Jean-de-Luz (rochers de Saint-Barbe et rochers sur lesquels ont été installés les nouveaux quais du port de Socoa) paraissent répondre à ce schéma. On retrouve autour de diverses pointes actuelles, la géométrie des pointes anciennes.

Globalement, les zones à reliefs bas et à altérites évoluent rapidement, par glissements gravitaires successifs. Les zones rocheuses évoluent plus lentement mais de manière continue, par abrasion marine.

2.3.2. La disparition des plages

On constate que les travaux de confortement actuels et anciens ont généralement pour objectif de contrecarrer l'érosion en pied de falaise ou de recharger les plages en sable. Ces travaux ne concernent jamais (sauf exception) le rabotage de l'estran. Les paysages de la côte basque sont des paysages vivants. Cela signifie qu'ils se déplacent latéralement au cours du temps.

L'illustration 8 résume ce phénomène. L'érosion de la falaise, le déplacement de la plage et le rabotage de l'estran sont des phénomènes indissociables. Ces trois actions se déplacent latéralement à la même vitesse. Si l'on intervient sur l'un des trois phénomènes, les deux autres continuent leur évolution.



érosion du substratum

Illustration 8 : Erosion du substratum et déplacement longitudinal de la morphologie paysagère

L'illustration 9-1 montre un paysage théorique sur lequel deux points fixes ont été positionnés de part et d'autre de la plage. En absence de constructions, la figure 9-2 montre le déplacement longitudinal de l'ensemble du profil au cours du temps. A partir de la zone d'abrasion, les matériaux sont transportés vers le large en suspension et en dissolution et vers l'intérieur des terres par le vent. La zone des herbus est alimentée en sable éolien.

L'illustration 9-3 montre l'évolution du stade 9-1 en présence de constructions. Le vent continue à transporter le sable, dans et à travers la ville. Des quantités importantes de sable sont transportées au cours des tempêtes. Ce sable est ensuite mécaniquement déplacé et transporté hors de la zone, au cours du nettoyage des rues de la ville. L'océan poursuit sa soustraction par dissolution et suspension. La plage réduit sa largeur. Le rabotage de l'estran continue également.

L'illustration 9-4 montre un stade très avancé du cas 9-3, où la plage a entièrement disparu et où le rabotage de l'estran a atteint la limite imposée par le confortement des falaises.

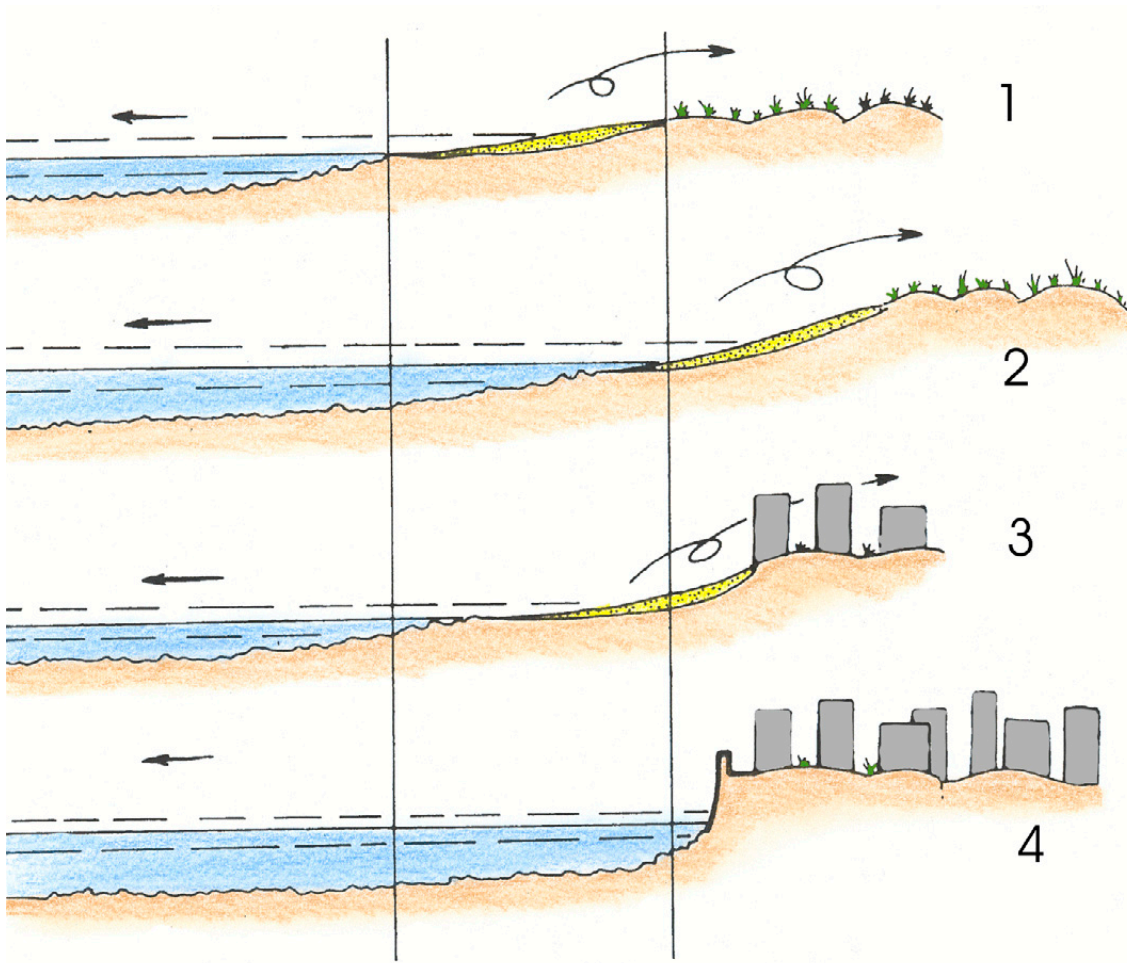


Illustration 9 : Scénarios d'évolution de profils de côte observés à partir de deux points fixes

3. Données utilisées

Afin d'étudier l'évolution historique du littoral basque, des documents ont été consultés et analysés.

3.1. LES CARTES ANCIENNES

Le document le plus ancien est la carte « géométrique de la France » publiée par Cassini entre 1760 et 1789 à l'échelle de 1/86 400 (Cassini, 1815). Les levés de terrain sont souvent plus anciens.

Deux cartes anciennes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (© SHOM 2003, contrat n°E042/2003) ont été utilisées dans cette étude : « Carte particulière des côtes de France » de 1829 et de 1882.

3.2. LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE L'IGN

Les photographies des missions aériennes suivantes de l'IGN ont été analysées :

- mission 1938 Bayonne X11-44 (1/24 000) ;
- mission 1968 FR 1583 PP (1/15 000) ;
- mission 1982 IFN 64 (1/17 000) et mission 1983 F 9246 (1/14 500), uniquement sur les villes de Biarritz et d'Hendaye ;
- mission 1992 IFN 64 (1/17 000) ;
- mission 2000 (©ORTHOLITTORALE, 2000) (1/20 000).

3.3. LES DOCUMENTS ICONOGRAPHIQUES ANCIENS

Il s'agit principalement de tableaux, de cartes postales et de photographies anciennes de la fin du XIX^{ème} siècle au début du XX^{ème} siècle. De nombreuses photographies de ce littoral existent depuis plus d'un siècle. Ces documents sont susceptibles d'apporter des informations sur l'évolution historique du littoral.

On désignera plus généralement ces documents sous le terme de photographies obliques par opposition aux documents cartographiques.

3.4. AUTRES DONNEES

Dans le cadre de l'étude, d'autres documents du SHOM ont été consultés, il s'agit :

- du modèle numérique de bathymétrie maillé à 250 mètres, la zone couverte est comprise entre le Nord de l'Estuaire de la Gironde (Pertuis de Maumusson) et le littoral basque espagnol ;
- de données bathymétriques analogiques : les cartes marines de 1867 à 1992 et des levés bathymétriques sur quelques secteurs ;
- des reproductions d'ouvrages : instructions nautiques de 1895 à 1982.

L'ensemble de ces documents est détaillé en annexe 1. Ils ont fait l'objet d'une convention de mises à disposition des données (© SHOM 2003, contrat n°E042/2003).

4. Mise en forme des données

4.1. TRAITEMENT DE L'INFORMATION ISSUE DES CARTES ANCIENNES

4.1.1. Carte de Cassini

La carte de Cassini de 1815 a été analysée visuellement en prenant comme support de référence les orthophotos de 2000 (©ORTHOLITTORALE, 2000) ainsi que des documents cartographiques plus anciens.

4.1.2. Cartes marines du SHOM

Les cartes anciennes du SHOM de 1829 et 1882 ont été analysées visuellement dans un premier temps, en les comparant avec les cartes récentes de l'IGN à 1/25 000. Dans un deuxième temps, le trait de côte a été délimité, il correspond au pied de falaise. Les cartes ont ensuite été digitalisées selon la méthode suivante :

Le bas de falaise a d'abord été relevé sur les cartes anciennes. Puis, il est calé avec un logiciel de dessin sur les orthophotos de 2000. Ce calage est effectué à 1/2 000, tronçon par tronçon, en prenant des points de repères tels que des cours d'eau, des fermes anciennes ou des réseaux routiers communs sur les deux documents. Le trait de côte a alors été tracé sur les orthophotos imprimées par tuiles à une échelle de 1/5 000. Ces traits de côte sur papier sont ensuite digitalisés. On peut estimer l'erreur horizontale due au calage et à l'interprétation des cartes anciennes à environ 20 m.

4.2. TRAITEMENT DES PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE L'IGN

Après une observation au stéréoscope, les photographies aériennes de l'IGN des missions de 1938, 1968, 1982-1983 et 1992 ont été sélectionnées pour couvrir l'ensemble de la côte avec le moins de clichés possibles. Ainsi, quarante trois photographies aériennes ont été choisies et numérisées.

4.2.1. Géoréférencement

Les clichés orthorectifiés de la base de données ©ORTHOLITTORALE 2000 pris sur le littoral en 2000 suite à la catastrophe pétrolière de l'Erika, ont servi d'éléments de base au géoréférencement. Ces orthophotographies aériennes ont une résolution spatiale au sol de 0,5 m. Elles sont dérivées des produits standards de la BDORTHO® de l'IGN qui a une précision équivalente aux cartes à 1/25 000. Elles donnent donc des informations géographiques précises en latitude et longitude au niveau du sol.

4.2.2. Digitalisation du trait de côte

Dans un souci de simplification, **la digitalisation du trait de côte tient compte du pied de falaise, du pied de dune et des aménagements côtiers**. De manière semi-empirique, on a estimé l'erreur horizontale due au calage, inférieure ou égale à 10 m sur l'ensemble des photographies.

La digitalisation du trait de côte a été réalisée sur les photographies aériennes de 1938, 1968, 1982-1983 et 1992. Pour la période de 1982-1983 le trait de côte n'est que partiel (villes de Biarritz et de Hendaye).

4.3. TRAITEMENT DES DOCUMENTS ICONOGRAPHIQUES ANCIENS

Ces documents ont tout d'abord fait l'objet d'un classement dans une base de données en fonction des informations qu'ils apportent. Les photographies obliques qui sont jugées intéressantes ont été numérisées. Elles sont choisies en fonction de la précision spatio-temporelle qu'elles fournissent et des secteurs sensibles à l'érosion sur la côte basque.

Actuellement, la base de données contient 247 éléments iconographiques du littoral. Plus des deux tiers des photographies et cartes postales anciennes ont été recueillies dans des ouvrages de synthèse (Casenave, 1974, 1975 et 1976 ; Pialoux, 1998 ; Beaufiglioli, 2001, 2002). Des cartes postales de collections privées et gracieusement prêtées ou achetées pour l'étude (25%) furent également utilisées. Certaines sources bibliographiques restent malgré tout indéterminées (7%). 115 cartes postales ont été scannées.

Leur datation précise n'est pas aisée. Les cachets de la poste (lorsqu'ils existent) représentent la référence la plus précise. Dans le meilleur des cas, les ouvrages donnent une date précise. Ainsi, seulement 36% des photographies obliques collectées sont datées.

Ces photographies ne donnent qu'une information ponctuelle. Elles ont donc toutes été localisées avec précision à l'aide des monuments visibles ou de leur description par les auteurs. Les deux tiers des photographies collectées concernent la commune de Biarritz. Le reste est réparti entre les communes de Bidart, Guéthary, Saint-Jean-de-Luz, Ciboure et Hendaye. Très peu décrivent la corniche sur la commune d'Urrugne et le nord de la Pointe Saint-Martin à Anglet.

Afin d'observer les évolutions possibles entre ces images et l'état actuel, une campagne de photographies numériques a été réalisée en avril 2004.

5. Analyse et interpretation des évolutions constatées

5.1. LES CARTES TOPOGRAPHIQUES ANCIENNES ET RECENTES

Les données géographiques concernant le trait de la côte Atlantique débutent à l'époque romaine (Derancourt, 1935). Elles sont toutefois trop fragmentaires en ce qui concerne le Pays-Basque. Les supports cartographiques utilisés pour cette étude ont été établis au XVIII^{ème} siècle pour les plus anciens. Ils nous permettent de connaître l'évolution de la côte sur plus de trois siècles. Un regard critique a été porté sur l'ensemble des documents pour en définir la validité et les limites d'utilisation. Les connaissances acquises au cours de l'étude géologique de terrain ont également été utilisées dans les interprétations. L'illustration 10 met en évidence le recul du trait de côte au niveau de la ville de Biarritz.

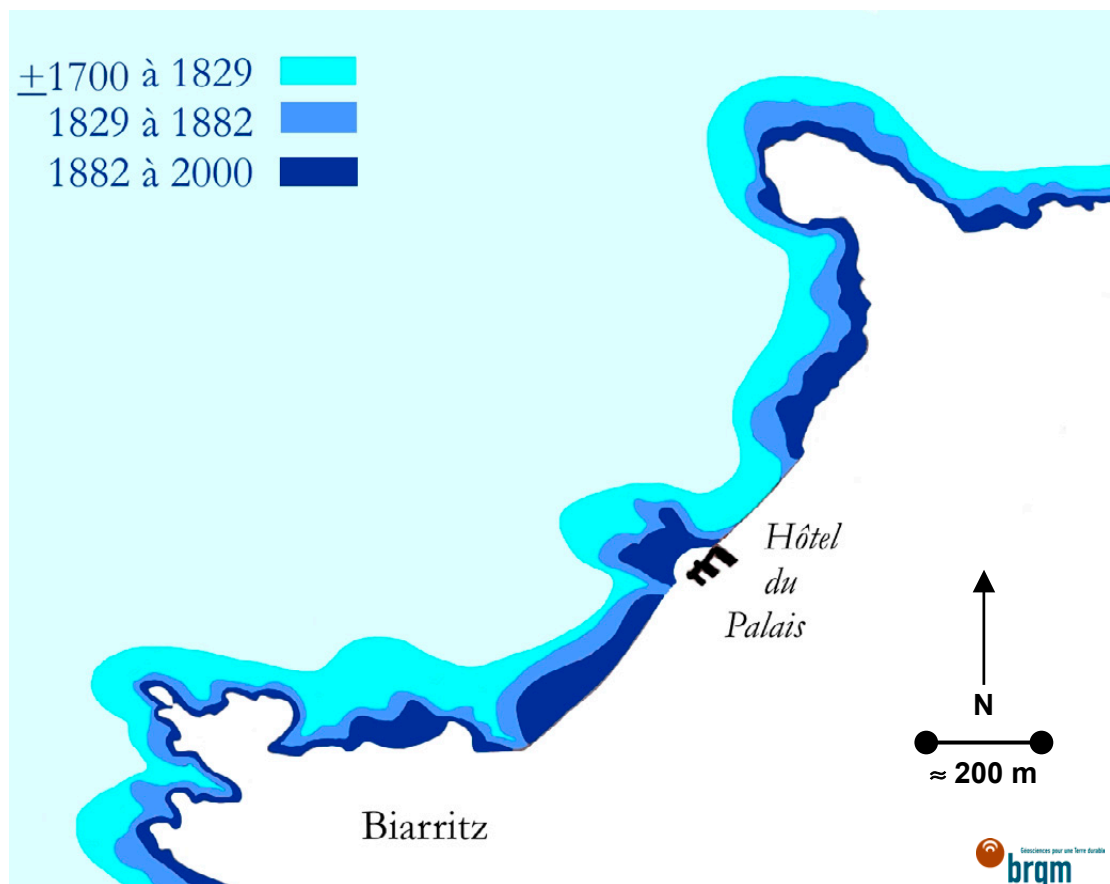


Illustration 10 : Reconstitution schématique du trait de côte de 1700 à l'an 2000, d'après les cartes anciennes, autour de la ville de Biarritz

La carte de Cassini

Le document le plus ancien est la carte « géométrique de la France » publiée par Cassini entre 1760 et 1789 à l'échelle du 1/86 400 (Cassini, 1815). Sa fiabilité est discutable par rapport au degré de précision nécessaire à la présente étude. Elle met toutefois en évidence l'absence quasi totale de plages dans la partie rocheuse de la côte.

Il semble qu'il existait beaucoup plus d'îlots rocheux au XVIII^{ème} siècle qu'actuellement. On note également à cette époque la présence de nombreuses pointes rocheuses qui n'existent plus de nos jours. En particulier, au niveau de l'Hôtel du Palais à Biarritz (illustration 10), il existait une pointe rocheuse qui est totalement érodée. Seule la partie englobée dans les constructions, de l'Hôtel du Palais, persiste aujourd'hui.

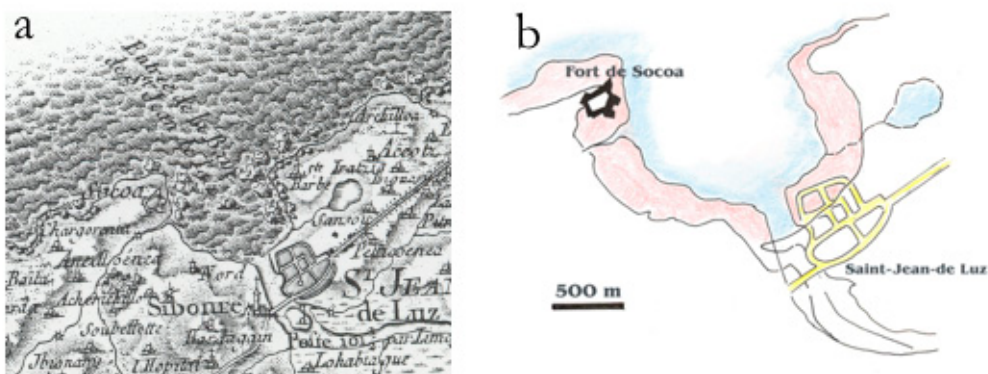


Illustration 11 : Evolution de la baie de Saint-Jean-de-Luz depuis l'établissement de la Carte de Cassini. a : extrait de la carte de Cassini, b : évolution du trait de côte sur le pourtour de la Baie de Saint-Jean-de-Luz. En rouge, surface érodée depuis l'établissement de la carte de Cassini

La baie de Saint-Jean-de-Luz s'est approfondie vers l'intérieur des terres de 200 m et s'est élargie de 500 m parallèlement à la côte (illustration 11).

L'analyse de la carte de Cassini (XVIII^{ème}) révèle un important degré d'imprécision dans les détails relevés par les cartographes. Toutefois, sur l'ensemble du littoral basque, on peut noter la présence de 4 zones où le recul de la côte semble important (illustration 12).

Ces zones sont : la Pointe Sainte-Anne (Plage d'Hendaye et Baie de Loya), la Baie de Saint-Jean-de-Luz, la zone Guéthary-Parlementia et Biarritz (recul de part et d'autre des pointes). Ces portions de côte, déjà attaquées dans le passé, correspondent aux secteurs qui sont en pleine évolution actuellement. Ce recul met en jeu l'ensemble des processus actuellement constatés. Il s'effectue par glissements gravitaires dans les argiles et effondrements de falaises dans les grès et faciès plus compétents.

Cette carte montre la présence d'une importante plage à Hendaye dont la géométrie pourrait représenter celle d'un delta de fleuve. Il semble aussi qu'il en existait une à Saint-Jean-de-Luz et au nord de la Chambre d'Amour. Les plages paraissent extrêmement rares au XVIII^{ème} siècle. La côte devait probablement montrer un aspect plus rocheux.

On note que le fort de Socoa avait été construit sur une pointe de terre (illustration 13) alors qu'il est aujourd'hui sur une île à marée haute, reliée à la terre par une digue. On note également que le port de Guéthary était situé sur une pointe de terre, à plusieurs centaines de mètres de sa position actuelle.

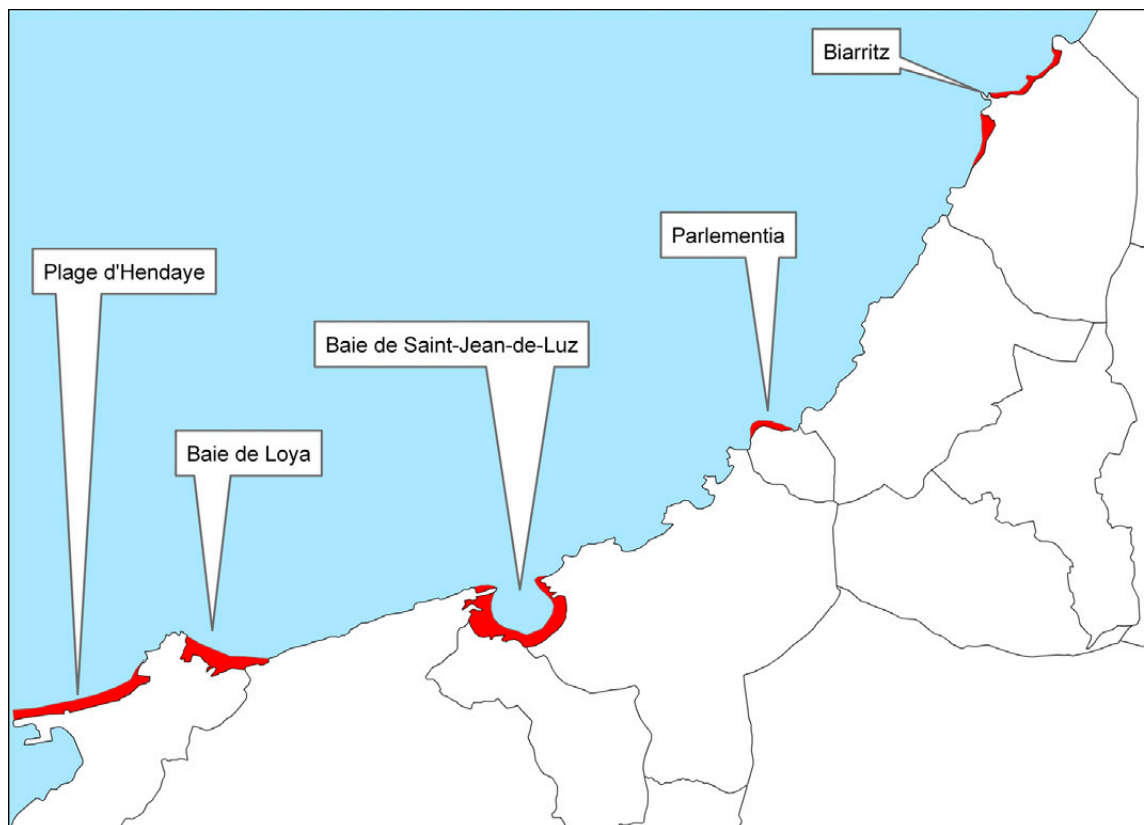


Illustration 12 : Carte de répartition des zones qui ont subi une importante ablation depuis le XVIII^{ème} siècle, d'après la carte de Cassini

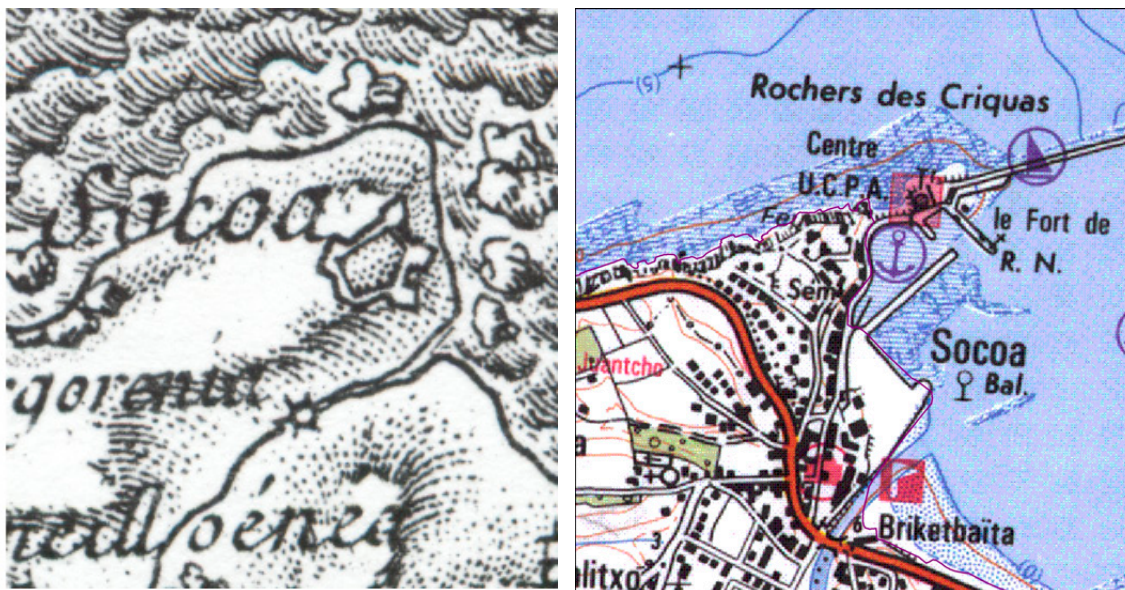


Illustration 13 : Extraits de la carte de Cassini (à gauche) et de la carte de l'IGN (à droite, © IGN 1/25000) autour du Fort de Socoa

La carte de 1829

La carte de 1829 montre une importante plage à Hendaye, par rapport à la plage actuelle. Un delta prolonge la Bidassoa. Les plages de Saint-Jean-de-Luz se dessinent nettement. Toutefois, elles concernent uniquement le fond de la baie avec des zones rocheuses aux deux extrémités, découvertes uniquement à marée basse. Elles sont adossées (coté intérieur) à la falaise de bord de mer. Ces deux zones n'étaient probablement pas encore érodées au XVIII^{ème} siècle.

A Erromardie, la plage n'occupait que la partie Est de la crique (illustration 14), la partie Ouest certainement en partie « rocheuse », a été découpée dans les altérites et leur substratum. Entre Parlementia et Bidart, une autre plage est liée à l'estuaire de l'Uhabia. Plus au nord, les plages suivantes sont à Biarritz, entre la Pointe du Rocher de la Vierge et la Pointe du Phare (Pointe Saint-Martin). Au nord de la Pointe du Phare, les plages sont bien développées et atteignent les falaises qui sont actuellement derrière le VVF. Ces falaises n'étaient probablement pas mortes en ce temps là et subissaient encore les assauts de l'océan.

L'estuaire de l'Adour ne semble pas développer de delta particulier. Le fleuve a été détourné en 1578 (Société des Sciences, Lettres et Arts de Bayonne, 1978). Il semble que les apports de sédiments consécutifs à ce détournement ont « momentanément » fossilisé les falaises du VVF.



Illustration 14 : Extraits de la carte de 1829 (à gauche, © SHOM 2003) et de la carte de l'IGN (à droite, © IGN 1/25000) de la Baie d'Erromardie

Il se passe actuellement au nord immédiat de Saint-Jean-de-Luz le même phénomène qui se produisait au niveau des baies de Senix, Mayarco et Lafiténia au XIX^{ème} siècle (illustration 15) : la côte anciennement dentelée et rocheuse laisse actuellement la place à des baies et des plages. La géométrie des dents de la côte rocheuse est contrôlée par la géométrie des plis du flysch. Les plages s'adaptent à la géométrie de l'altérite et de la paléo-vallée.

On constate que le dessin des talus dans les altérites montre des formes creuses qui reproduisent bien le mécanisme de glissements gravitaires par des loupes d'arrachement.

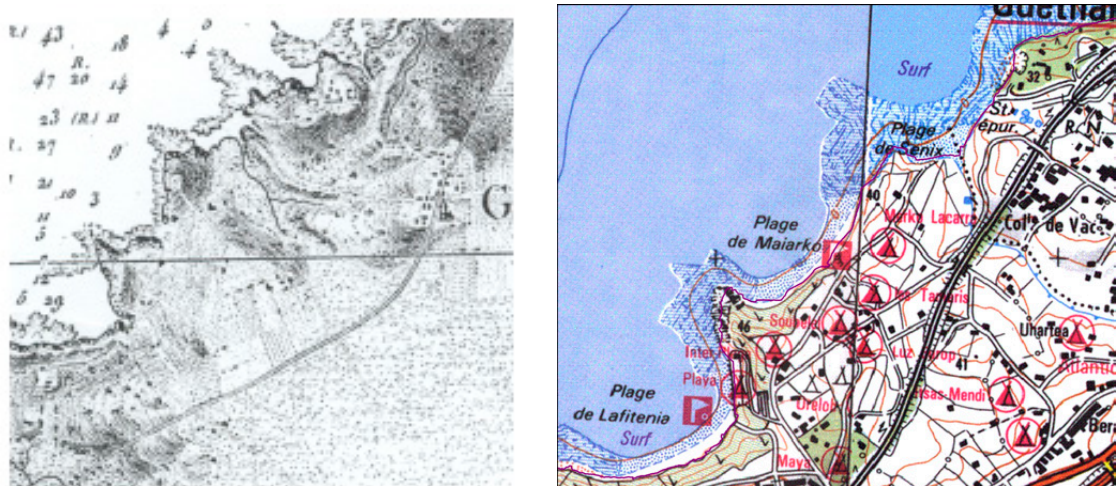


Illustration 15 : Extraits de la carte de 1829 (à gauche, © SHOM 2003) et de la carte de l'IGN (à droite © IGN 1/25000) des Baies de Senix, Mayarco et Lafiténia

La carte de 1882

On constate sur la carte de 1882 que la plage d'Hendaye a reculé considérablement par rapport à son état actuel. Elle a une forme linéaire, régularisée par l'océan. Une petite plage s'est formée dans la Baie de Loya. A Saint-Jean-de-Luz, les plages se sont maintenues. Les constructions qui étaient dans la zone « herbue », arrivent maintenant sur la plage.

A Erromardie, la dissymétrie de la plage se maintient. Les plages de Lafiténia, Mayarco et Senix sont figurées. La plage de l'Uhabia existe également. Bien que présentes, les plages de Biarritz semblent maigres (illustration 16). Des plages sont représentées à Ibarritz.

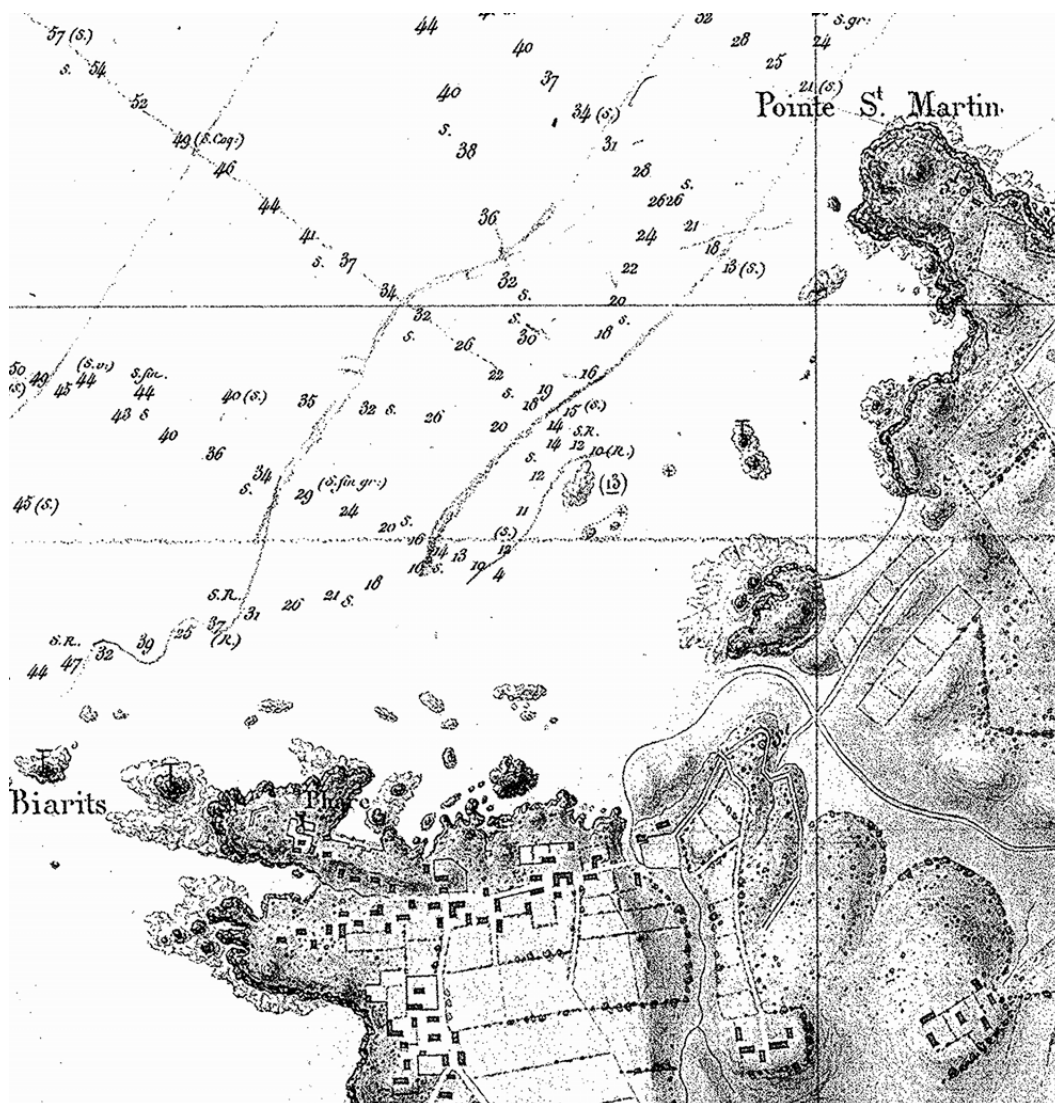


Illustration 16 : Extrait de la carte de 1882 (© SHOM 2003), Ville de Biarritz

Conclusions

On constate, par simple observation de la carte géologique, que les zones à stratification parallèle à la côte développent des baies (illustration 17) et que les zones à stratification perpendiculaire développent des pointes.

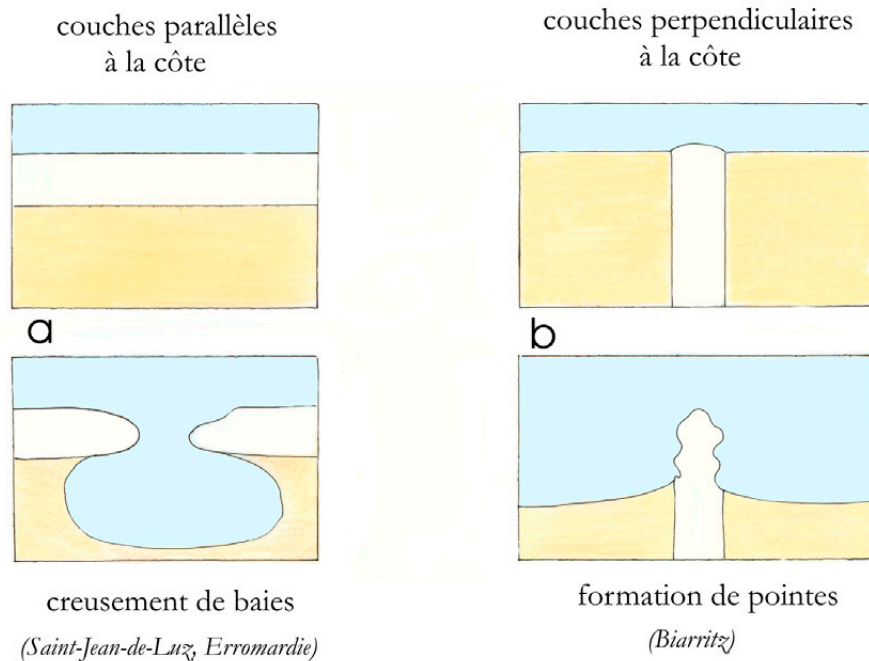


Illustration 17 : Deux cas d'évolution de côte à lithologies contrastées. a : stratification parallèle à la côte, b : stratification perpendiculaire à la côte. En blanc : faciès dur, en jaune : faciès tendre

Les zones qui reculent le plus rapidement sont toujours les mêmes depuis au moins le XVIII^{ème} siècle. A cette époque, la zone de l'altérite basque était moins pénétrée par les phénomènes d'érosion qu'aujourd'hui. La côte était globalement plus rocheuse. Les plages étaient moins développées en dehors des estuaires. Les aménagements ont probablement rendu les plages symétriques en limitant les effets de l'océan sur les apports continentaux. L'océan semble avoir régularisé la forme de certains deltas et créé des plages parallèles à la côte. Il est possible que l'apport des sédiments par les rivières soit plus faible à l'heure actuelle.

Les taux d'érosion (qui restent à quantifier plus précisément) que l'on peut déduire de l'analyse des cartes nous permettent de supposer que, dans la zone du flysch, au sud de l'Uhabia, l'érosion n'a atteint que récemment l'altérite. Les plages situées dans les criques, creusées dans l'altérite sont donc récentes et n'étaient probablement que

légèrement ébauchées au XVIII^{ème} siècle. Si l'on prolonge dans le temps cette constatation, on peut supposer qu'elles n'existaient pas à l'époque romaine et peut-être même au Moyen Age.

La création, puis l'engraissement des plages pourraient être le résultat de l'altération de la côte rocheuse, mais aussi de l'alimentation fournie par les sables quaternaires après l'abrasion de leur soubassement.

Ces processus ont été probablement compensés récemment par l'anthropisation qui bloque la migration de la plage vers l'intérieur des terres.

Il est probable que le détournement de l'Adour ait eu pour conséquence l'engraissement des plages d'Anglet et de Biarritz et l'abandon par l'érosion des falaises du VVF.

Dans les baies, on constate une « alternance » entre l'influence des rivières et celle de l'océan, c'est à dire entre le mécanisme de comblement et celui de l'érosion.

5.2. EVOLUTION DU TRAIT DE CÔTE SUR LES PHOTOGRAPHIES AERIENNES DE L'IGN ET LES CARTES ANCIENNES DU SHOM

La digitalisation des traits de côte (pied de falaise) a été réalisée pour les cartes anciennes du SHOM de 1829 et 1882 et pour les missions aériennes de 1938, 1968, 1992 et 2000 (illustration 18). Pour la mission aérienne de 1982, le trait de côte n'étant que partiellement digitalisé (villes de Biarritz et Hendaye), il n'est pas présenté sur l'illustration 18.

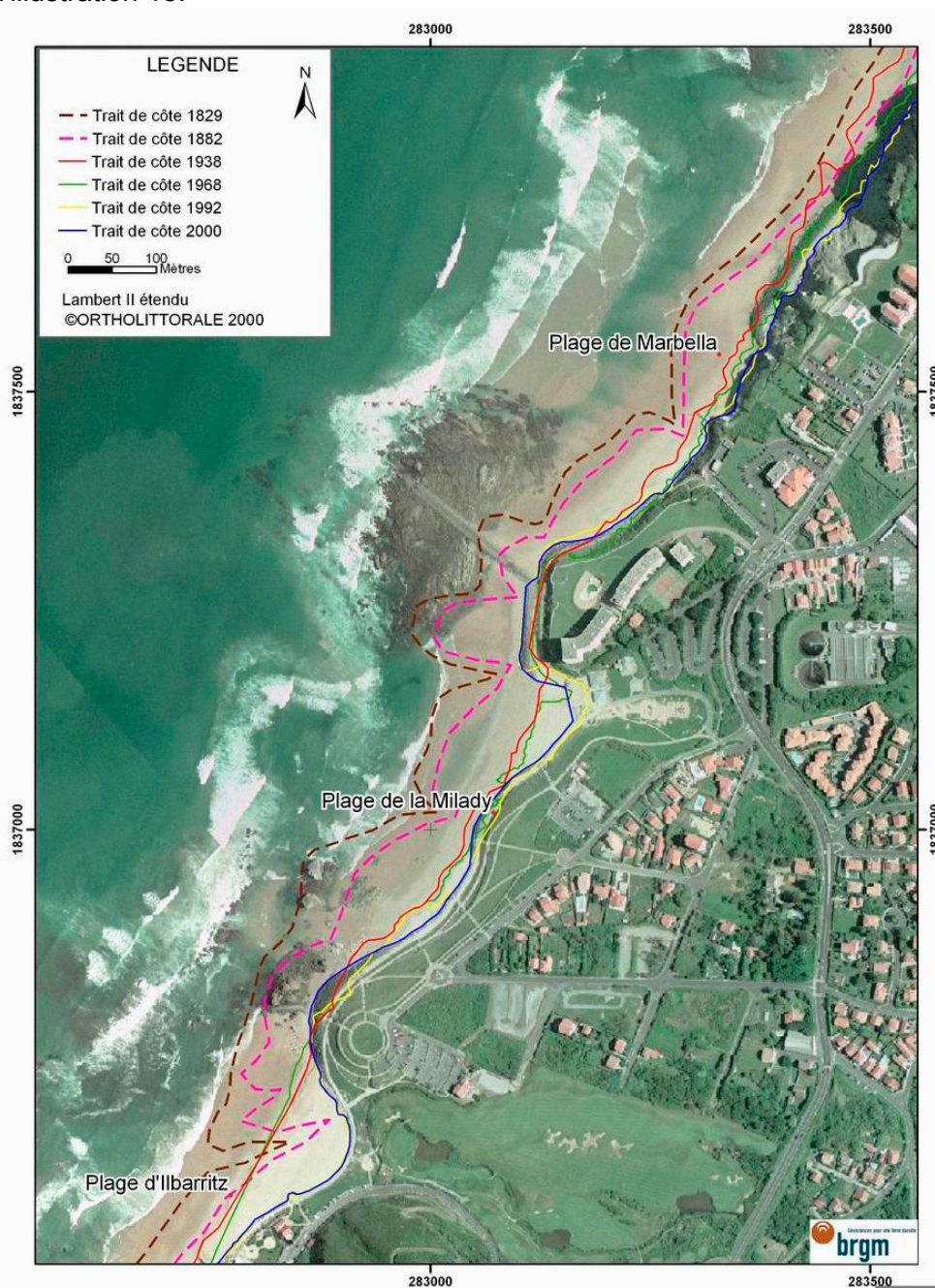


Illustration 18 : Exemple d'évolution du trait de côte entre 1829 et 2000 sur les plages de Marbella et de la Milady à Biarritz

Les différents secteurs commentés dans ce chapitre sont localisés sur l'illustration 1 en page 13.

Afin d'analyser l'évolution du trait de côte sur différentes périodes, une méthode de traitement a été mise au point à partir du logiciel ArcMap. L'objectif de ce traitement est d'obtenir un trait de côte résultant permettant de mettre en évidence les tendances d'évolutions sur une période donnée. Cette analyse a été faite sur les périodes suivantes : 1829-2000, 1882-2000 et 1938-2000.

La méthode a consisté à réaliser une zone tampon sur les traits de côte de 1829, 1882 et 1938 avec un pas différent selon les dates. Pour 1829 et 1882, un pas de 25 m a été considéré sur une distance de 150 m (évolution maximale du trait de côte entre 1829 et 2000). Pour 1938, un pas de 10 m sur une distance de 60 m (évolution maximale entre 1938 et 2000) a été pris en compte. Ensuite, une intersection est faite entre les différentes zones tampon et le trait de côte de 2000. On obtient, ainsi, un linéaire de côte découpé en tronçons linéaires correspondant à des classes d'évolution de 0 à 60 m avec un pas de 10 m pour 1938 et des classes d'évolution de 0 à 150 m avec un pas de 25 m pour 1829 et 1882.

Les évolutions constatées pour les différentes périodes sont définies comme la différence entre la position du trait de côte la plus reculée vers la terre et celle la plus avancée en mer. Les secteurs marqués par une évolution significative sont synthétisés dans le tableau de l'illustration 25. On peut estimer l'erreur horizontale entre 10 et 20 m.

Période 1829 - 2000

D'une manière générale, sur la période 1829 - 2000, on observe un creusement des anses situées de part et d'autre des pointes rocheuses, c'est le cas par exemple de la Pointe Saint-Martin à Biarritz (illustration 19). On note un recul compris entre 75 et 100 m au nord de la plage de Miramar.

On constate également un recul important au niveau des baies. A Erromardie, sur la commune de Saint-Jean-de-Luz (illustration 20), on note un recul pouvant atteindre 150 m, ce qui représente sur la période considérée, une vitesse moyenne de recul de 80 cm / an (précision à 10 cm/an). Le sud de la baie de Saint-Jean-de-Luz est également marqué par un recul compris entre 75 et 100 m.

Ces observations confirment celles réalisées lors de la comparaison des cartes marines anciennes avec les cartes récentes de l'IGN.



Illustration 19 : Evolution du trait de côte entre 1829 et 2000 sur le secteur de la Pointe Saint-Martin à Biarritz

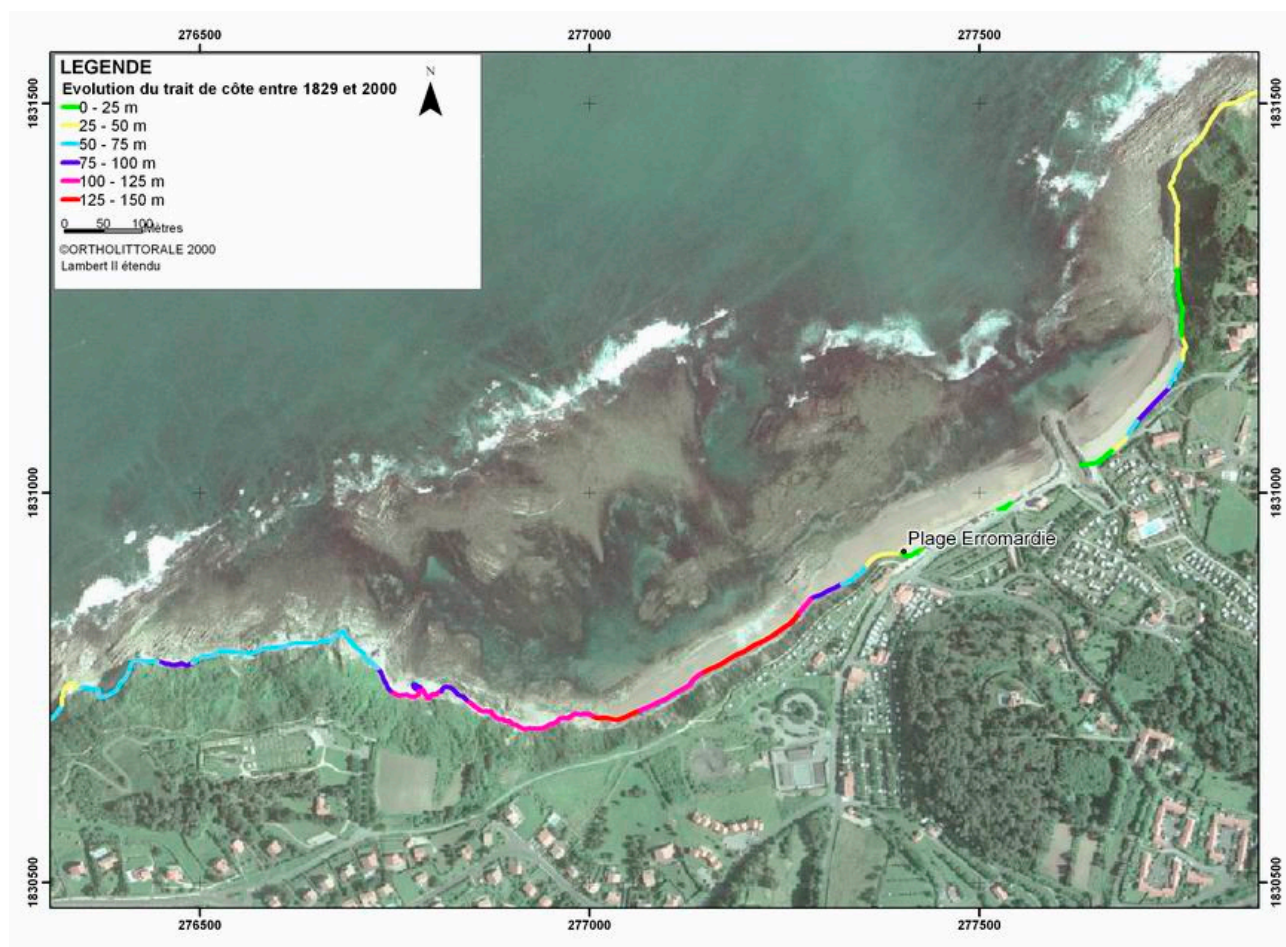


Illustration 20 : Evolution du trait de côte entre 1829 et 2000 sur le secteur d'Erromardie à Saint-Jean-de-Luz

Période 1882 - 2000

Les secteurs identifiés comme ayant une évolution significative sur la période 1829 - 2000 (recul > à 75 m), présentent également un recul marqué sur la période 1882 - 2000 mais avec une amplitude plus faible (recul compris entre 50 et 75 m). C'est le cas par exemple de la Pointe Saint-Martin (illustration 21) et du sud de la baie de Saint-Jean-de-Luz (illustration 22).

Dans le tableau de l'illustration 25, on retrouve ces différents secteurs pour la période 1829 - 2000.



Illustration 21 : Evolution du trait de côte entre 1882 et 2000 sur le secteur de la Pointe Saint-Martin à Biarritz

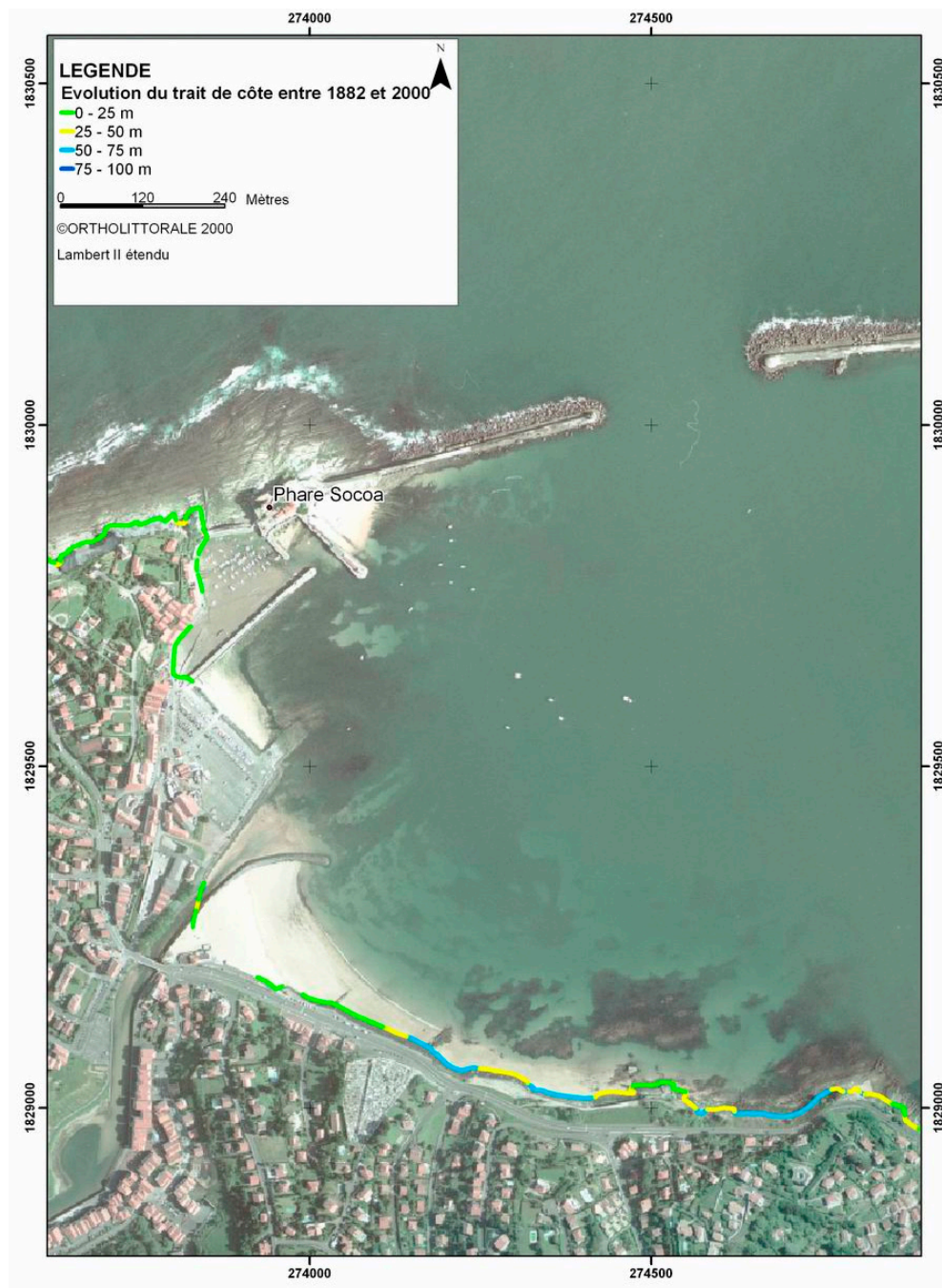


Illustration 22 : Evolution du trait de côte entre 1882 et 2000 au sud de la baie de Saint-Jean-de-Luz

Période 1938 - 2000

Au cours de la période 1938 - 2000, on constate que sur les plages de Marbella (illustration 23), de la Milady et d'Ilbarritz, le pied de falaise a reculé de 30 à 60 m (illustration 25).

Des reculs du pied de falaise moins marqués, compris entre 20 et 30 m, sont observés sur les secteurs d'Erretegia (illustration 24), de la Chapelle Sainte-Madeleine à Bidart et de Parlementia à Guéthary.

Sur certains secteurs du littoral la position du trait de côte (pied de falaise) semble stable. Ceci ne signifie pas systématiquement qu'il n'y a pas d'évolution. Le pied de falaise peut conserver une position similaire alors que le sommet peut évoluer (instabilités) et que l'estran peut perdre du volume de matériaux.

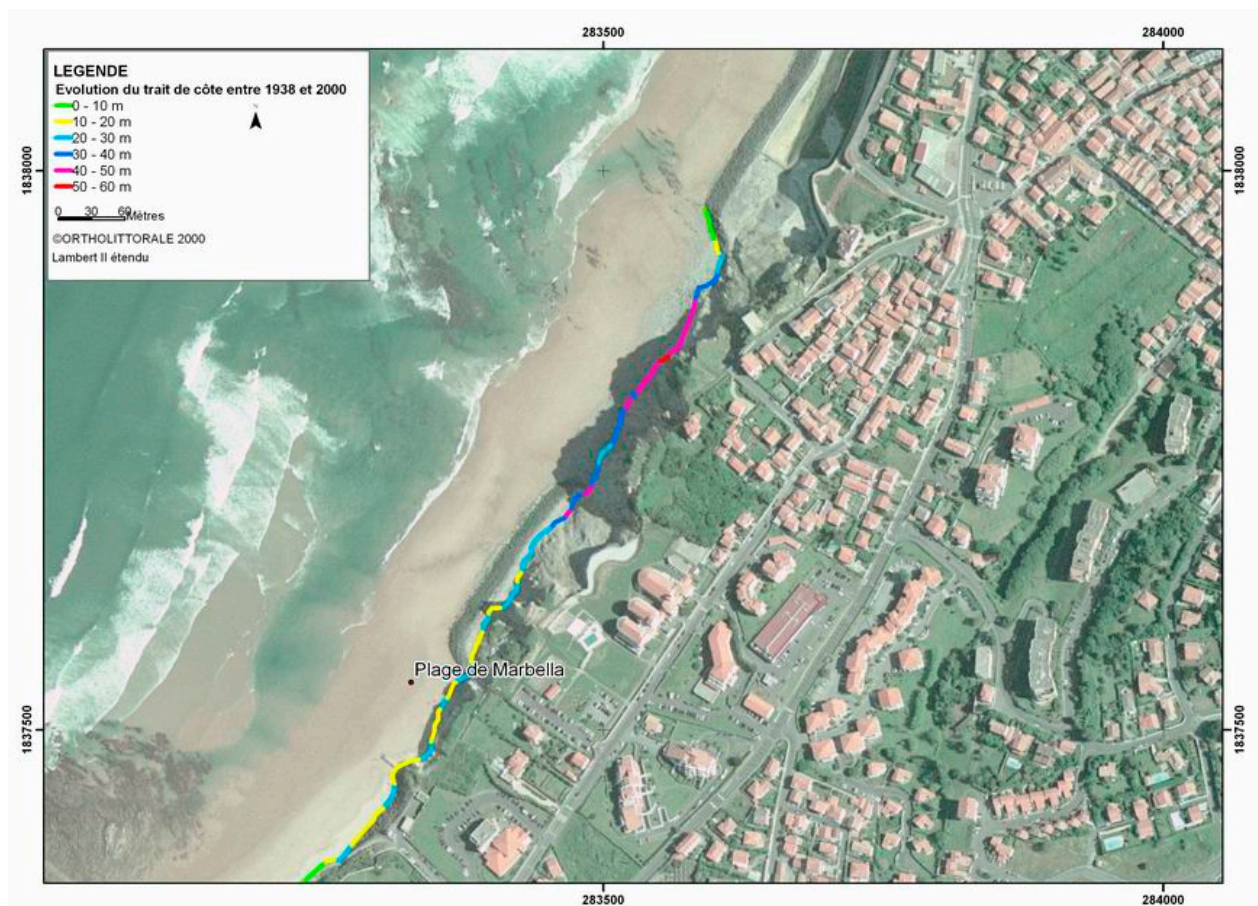


Illustration 23 : Evolution du trait de côte entre 1938 et 2000 au nord de la plage de Marbella à Biarritz

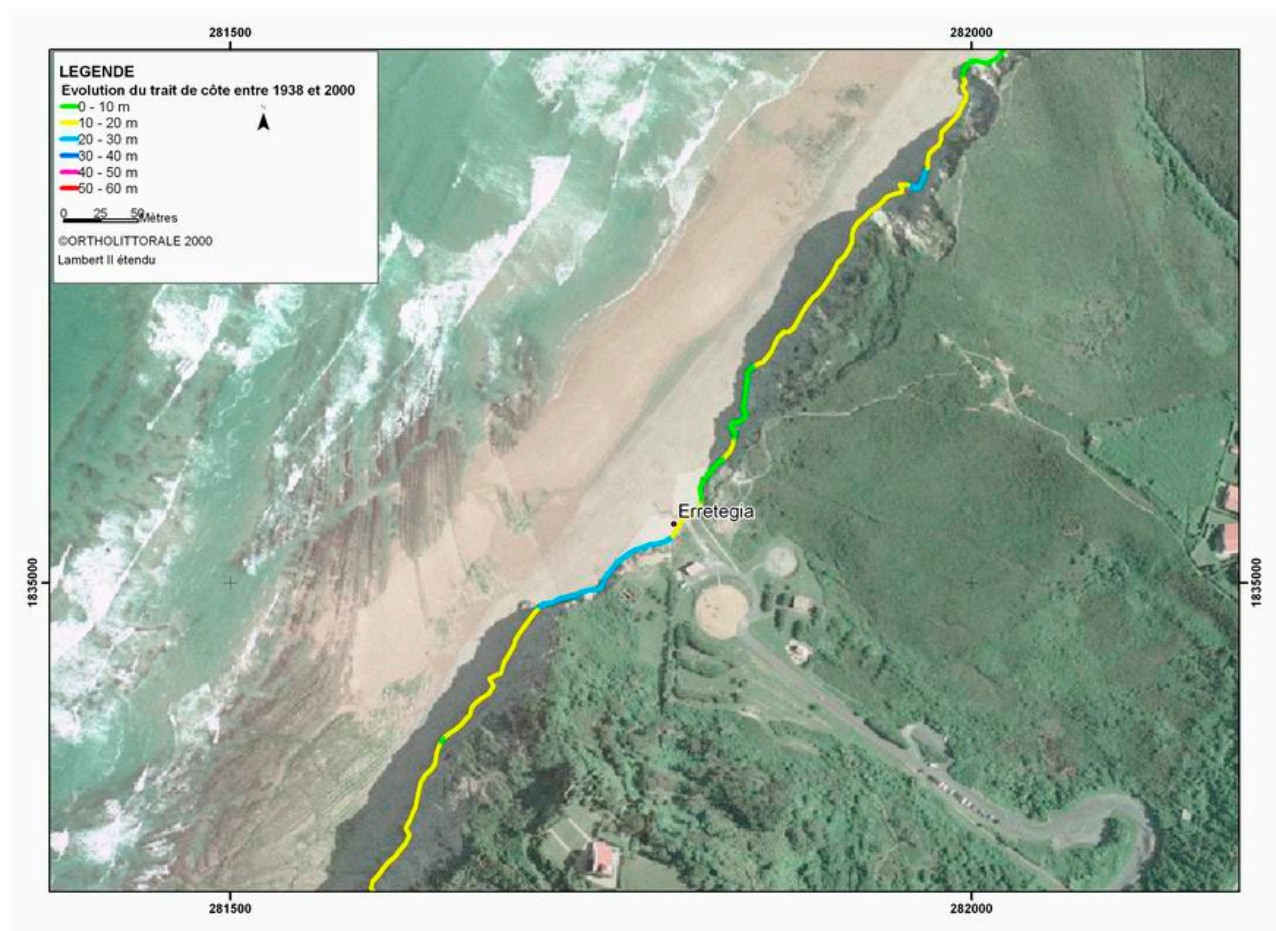


Illustration 24 : Evolution du trait de côte entre 1938 et 2000 à Erretegia sur la commune de Bidart

Plages situées de part et d'autre de la Pointe Saint-Martin (Biarritz)	Nord de la Plage de Miramar 75 - 100 m, Est de la Pointe 50 - 75 m	Nord de la Plage de Miramar 50 - 75 m	< 20 m	
Grande Plage (Biarritz)	75 - 100 m	50 - 75 m	< 20 m	
Plage de Marbella (Biarritz)	75 - 100 m	50 - 75 m	> à 40 m, localement > à 60 m	
Plage de la Milady (Biarritz)	< 50 m	Au sud de la plage, 75 - 100 m	Au nord de la plage, 30 - 40 m	
Plage d'Ilbarritz (Bidart)	75 - 100 m	< 50 m	Nord et sud de la plage, 40 - 50 m	
Plage du Pavillon Royal (Bidart)	75 - 100 m	< 50 m	< 20 m	
Secteur compris entre Pavillon Royal et Chapelle Sainte-Madeleine (Bidart)	50 - 75 m	< 50 m	< 20 m	
Erreteria (Bidart)	< 50 m	< 50 m	20 - 30 m	
Chapelle Sainte-Madeleine (Bidart)	< 50 m	< 50 m	20 - 30 m	
Parlementia (Guéthary)	50 - 75 m, voir localement > à 75 m	< 50 m		
Secteur compris entre Parlementia et le Port de Guéthary (Guéthary)	< 50 m	< 50 m	20 - 30 m	
Secteur compris entre le Port de Guéthary et Harotzen Costa (Guéthary)	100 - 125 m	50 - 75 m	< 20 m	
Plage Mayarko (Saint-Jean-de-Luz)	100 - 125 m	50 - 75 m	< 20 m	
Plage de Lafiténia (Saint-Jean-de-Luz)	50 - 75 m	< 50 m	< 20 m	
Sud de la plage d'Erromardie (Saint-Jean-de-Luz)	100 - 125 m, localement > 125 m	50 - 75 m	< 20 m	
Sud Baie de Saint-Jean-de-Luz	75 - 100 m	50 - 100 m	< 20 m	
Ouest de la Pointe Sainte-Anne (Hendaye)	50 - 75 m	< 50 m	< 20 m	

Illustration 25 : Synthèse des évolutions significatives sur le littoral de la côte basque de 1829 à 2000 (précision entre 10-20 m)

5.3. LES DOCUMENTS ICONOGRAPHIQUES

Une campagne de terrain a été réalisée en avril 2004, afin de prendre des photographies numériques obliques comparables avec les documents iconographiques anciens. Initialement, 22 sites étaient pressentis. Il s'est avéré impossible sur 8 sites de retrouver le point de la prise de vue car les points de repères ont disparus et les paysages ont notablement changé.

Sur 14 sites, des photographies ont été prises selon un champ et une direction de prise de vue comparable à celle des cartes postales anciennes.

Parmi ces sites, cinq présentent des modifications morphologiques significatives (illustration 26).

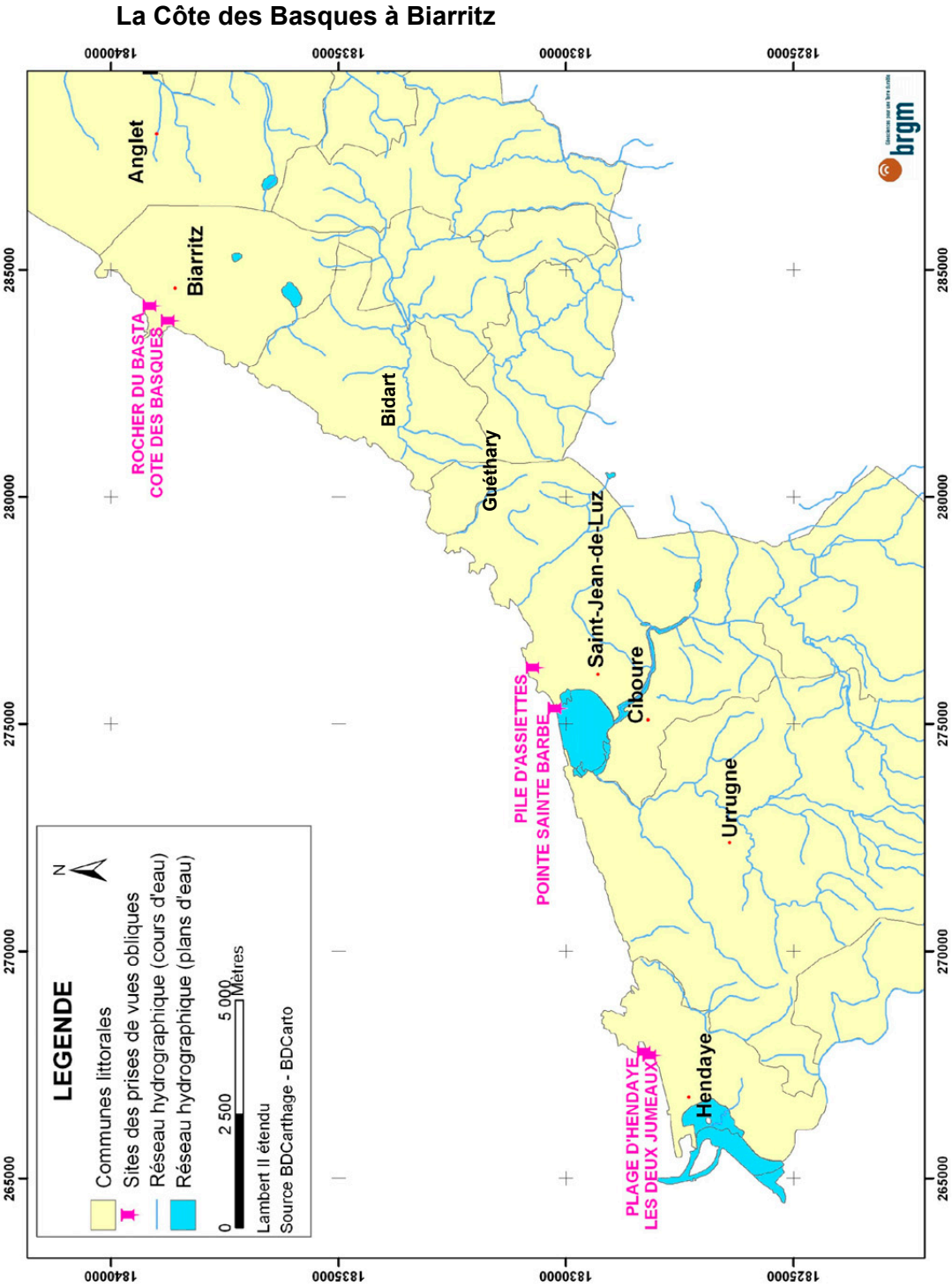


Illustration 26 : Localisation des sites présentés comme exemples pour illustrer les modifications morphologiques entre les cartes postales anciennes et les photos numériques de 2004

Le Rocher du Basta à Biarritz



Illustration 27 : Erosion du rocher du Basta à Biarritz entre 1907 et 2004

On constate sur la photographie actuelle que l'extrémité sud du rocher a disparu. L'action des vagues a favorisé la création d'un sous-cavage, et donc une mise en surplomb des masses rocheuses qui se sont effondrées.

La Côte des Basques à Biarritz



Illustration 28 : Evolution morphologique de la Côte des Basques entre le début du siècle dernier et 2004

La carte postale du début du siècle montre une vision de la Côte des Basques peu végétalisée et soumise à des phénomènes d'instabilités. Depuis, cette côte a été fortement aménagée. Des travaux de confortement de la falaise ont été réalisés. Par ailleurs, on note une disparition probable de la plage avec la mise en place d'enrochements.

Sur cette Côte des Basques, entre Biarritz et Bidart, l'analyse des cartes postales anciennes met en évidence trois stades d'évolution.

Le premier stade, le plus ancien, montre une côte assez escarpée, constituée de deux parties. Le sommet de la falaise est rectiligne et subvertical, dans les sables quaternaires. En dessous, la falaise est constituée de nombreuses facettes sur un profil moins penté. L'évolution de l'ensemble du profil s'effectuait par glissements successifs de petite taille dans les argiles et par égrainement de la partie sableuse en haut de profil.

Le deuxième stade correspond à la présence des soutènements par de grandes arches (travaux de confortement) sur une partie de la côte. C'est une période d'apparente stabilité dans cette zone. Le reste du linéaire côtier poursuit son évolution continue.

La troisième période débute après la chute du système de soutènement. C'est le début des glissements de grande envergure.

On constate que pour cette zone l'on est passé d'un recul lent et progressif de la côte vers un recul discontinu qui s'effectue par des glissements de grande envergure où le comportement de la partie inférieure et supérieure de la falaise est identique.

La documentation iconographique ancienne met également en évidence l'urbanisation progressive du littoral. L'illustration 29 montre la Villa Eugénie comme l'une des premières constructions de cette partie de la ville de Biarritz. Elle avait été bâtie à l'abri d'un rocher visible sur la carte de Cassini et sur les cartes de 1829 et 1882. Il est presque totalement érodé aujourd'hui.

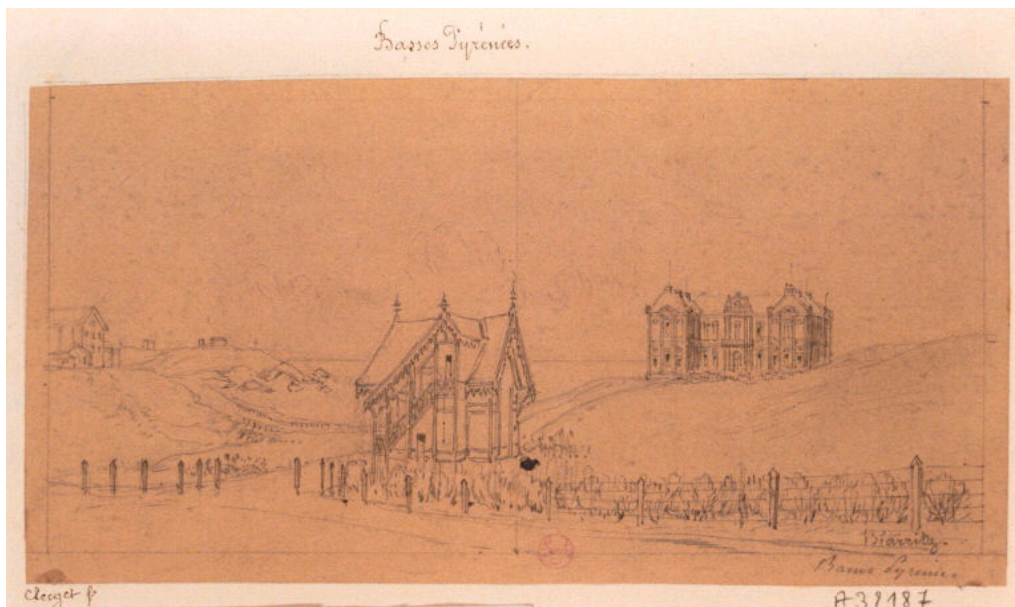


Illustration 29 : Tableau représentant la Villa Eugénie à la fin du XIX^{ème} siècle (Gallica, Bibliothèque nationale de France)

La Pile d'Assiettes à Saint-Jean-de-Luz

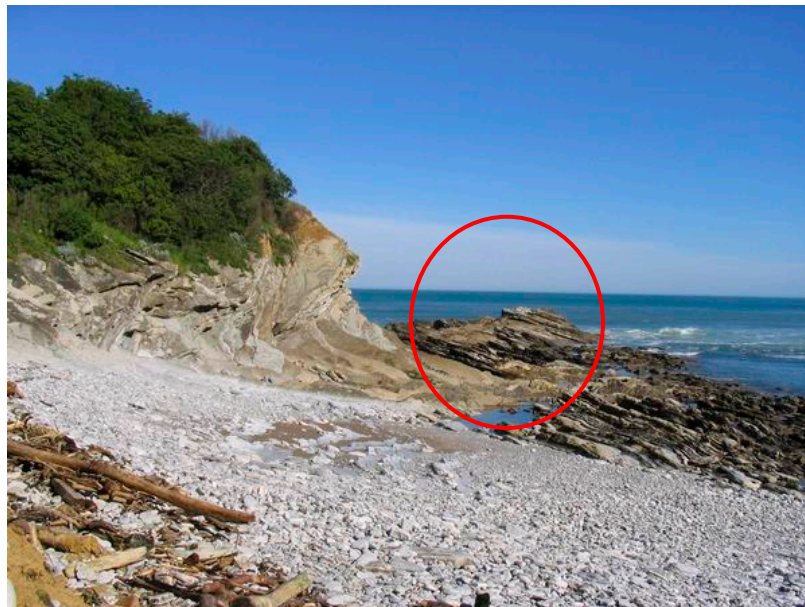


Illustration 30 : Erosion de la Pile d'Assiettes à Saint-Jean-de-Luz entre le début du siècle dernier et 2004

En un siècle, la Pile d'Assiettes de Saint-Jean-de-Luz a été réduite de ses deux tiers.

La plage d'Hendaye

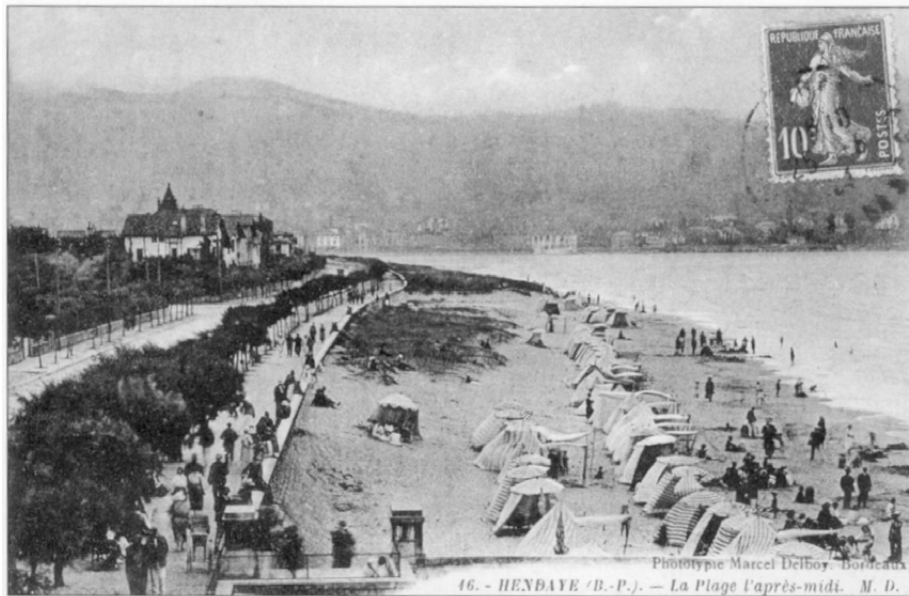


Illustration 31 : Evolution morphologique de la plage d'Hendaye de 1900 à 2004

Sur la carte postale ancienne de la plage d'Hendaye, on constate la présence d'une dune végétalisée en haut de plage. En 2004, cette dune a totalement disparue, des aménagements ont été réalisés en haut de plage.

Les Deux-Jumeaux à Hendaye

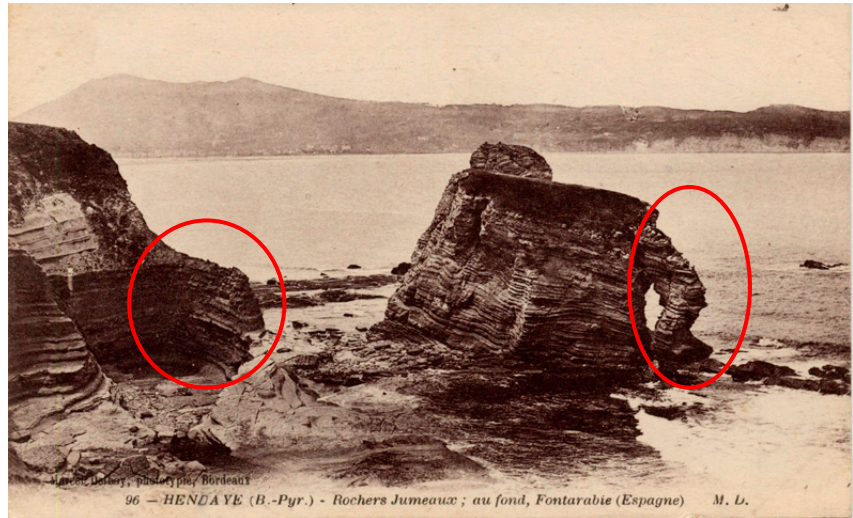


Illustration 32 : Erosion du site des Deux-Jumeaux entre le début du dernier siècle et 2004

Le site des deux jumeaux à Hendaye a fortement évolué depuis le début du siècle dernier. L'érosion progressive a engendré la disparition de deux secteurs (cercles rouges).

6. Conclusion

L'analyse critique d'une grande diversité de données géographiques et iconographiques a permis d'approcher l'évolution historique de la Côte basque. Cette analyse aboutit à un premier calcul du recul du trait de côte sur l'ensemble du linéaire, pour une période de trois siècles environ.

Les vitesses d'érosion ainsi établies par tronçons, peuvent maintenant être comparées à la typologie géologique et à la dynamique océanique. Ce couplage facilitera la compréhension des processus naturels et permettra d'affiner leur analyse aux échelles les plus appropriées. Il devient alors possible de différencier les mouvements naturels, glissements, effondrements, des instabilités en rapport avec des origines anthropiques.

Une étude à l'échelle cadastrale, rendue possible avec le nouveau pouvoir séparateur de cette analyse, peut être abordée aux travers des trois facteurs principaux : marins, continentaux et anthropiques.

7. Bibliographie

Nédellec J.L., Zornette N., Mathon C., collaboration Aubié S. (2004) - Observatoire de la Côte Aquitaine - Evaluation et cartographie de l'aléa mouvements de terrain sur la Côte Basque. Rapport BRGM/RP-52783-FR, 9 illustrations, 2 ann., 35 p.

Genna A., Capdeville J.P., Mallet C. et Deshayes L. (2004) – Observatoire de la Côte Aquitaine – Etude géologique simplifiée de la Côte Basque, rapport BRGM/RP-53258-FR, 43 p., 25 ill..

Cassini C.F., 1815 - Carte géométrique de la France (1/86400).

Annexe 1 :

Liste des documents du SHOM mis à disposition

1. CARTES MARINES DU PAYS-BASQUE (© SHOM 2003, contrat n°E042/2003)

Cartes générales

- Carte n° **177**. Editions en 1879, mars 1902, août 1902, octobre 1903 et février 1956 (3^{ème} édition qui a duré jusqu'en 1973) remplacée par N° 6558
- Carte n° **6558**. D'octobre 1973. Editions en 1997, 1998 (archivé jusqu'en 1998)
 - **Portefeuille 13 division 4 ; 54** : levés du Golfe de Gascogne en 1964

Cartes de détail

- Carte n° **175**. Bayonne en 1829, puis 3 éditions (1870, 1902 et 1903) jusqu'en 1956, remplacée par la N° 6557.
- Carte n° **6557**. L'Adour en 1971 d'après les levés de 1961/1964. Edition n° 2 en 1983 et édition n°3 en 1992
 - **Division 4 ; 15** : Brie, 1961. Levé minute de rédaction des sondes « Bayonne »
 - **Division 4 ; 22 à 30** : Brie, 1963. Levé de Bayonne
 - **Division 4 ; 32 à 39** : Roubertou, 1963. Levé minute de dessin de topographie
- Carte n° **176**. Cours de l'Adour d'après les levés de B. Beaupré de 1826. Tirage en 1829.
 - **Portefeuille 13 division 4 ; 4 bis** : B. Beaupré, 1826. Levé des abords de l'Adour, 2 minutes définitives
 - **Portefeuille 13 division 4 ; 5** : Lieussou et Larousse, 1857. Levé de la barre de l'Adour (topographie)
- Carte n° **1795**. Cours de l'Adour de 1886, d'après les levés de Favé en 1886. Rééditions en 1888, 1901 et 1905.
 - **Portefeuille 13 division 4 ; 9** : Favé, 1886. Levé de l'embouchure et cours de l'Adour (4 1^{ère} feuilles)

- Carte n° **6536**. Adour (Archives jusqu'en 2002)
- Carte n° **178**. Saint Jean de Luz d'après les levés de B. Beaupré de 1829
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 4 bis, 5, 7 et 8** : B. Beaupré, 1826. Levé de Saint Jean de Luz et Fontarabie
- Carte n° **3647**. Saint Jean de Luz, d'après les levés de Bouquet de la Grye en 1876. Réédition en 1891.
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 43** : Bouquet de la Grye, 1873. Levé de Saint Jean de Luz ; Ecriture et sondes
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 31** : Bouquet de la Grye, 1876. Levé de Saint Jean de Luz (écritures et sondes)
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 37** : Bouillet, 1882. Levé de Saint Jean de Luz (Topo et sondes)
- Carte n° **6526**. Saint Jean de Luz en 1967. 2^{ème} édition en 1990
 - **Division 5 ; 47** ; Martano, 1962. Levé de Saint Jean de Luz. Minute de dessin de topographie
- Carte n° **2724**. Fontarabie en 1867 d'après les levés de 1866. Remplacée par la N° 5188
- Carte n° **5188**. Fontarabie en 1905 d'après les levés espagnols de 1888.
- Carte n° **6556**. Hendaye. Carte actuelle (2^{ème} édition en 1984) Corrections jusqu'en 2001
- Carte n° **5579**. L'Adour et Saint Jean de Luz en 1921 d'après les levés de 1919. Réédition en 1931. Remplacée en 1960.
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 46 et 47** : Lesage, 1919. Levé de Baie de Saint Jean (écriture et sondes)
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 6** : Bouquet de la Grye, 1862. Levé de Biarritz, topo et **sondes**
 - **Portefeuille 13 division 5 ; 8** : Bouquet de la Grye, 1862. Levé de Biarritz (écritures et sondes) feuille 1

2. INSTRUCTIONS NAUTIQUES

Dates : 1895, 1915, 1925, 1935, 1948, 1957, 1966, 1974, 1982.

3. PHOTOGRAMMETRIE DES PORTS

3 zones :

- Bayonne
- Saint Jean de Luz
- Hendaye



Centre scientifique et technique
3, avenue Claude-Guillemain
BP 6009
45060 – Orléans Cedex 2 – France
Tél. : 02 38 64 34 34

Service géologique régional Aquitaine
Parc Technologique Europarc
24, avenue Léonard de Vinci
33600 – Pessac - France
Tél. : 05 57 26 52 70