

Evolution du littoral des Alpes Maritimes, de 1950 à nos jours – Création d'un outil d'aide à la décision

Dominique CATALIOTTI-VALDINA¹, Simon CANAL²

¹ Egis Eau, 78 allée John Napier –CS 89017 – 34965 MONTPELLIER cedex2

[*dominique.cataliotti@egis.fr*](mailto:dominique.cataliotti@egis.fr)

² Egis Eau, 78 allée John Napier –CS 89017 – 34965 MONTPELLIER cedex2

[*simon.canal@egis.fr*](mailto:simon.canal@egis.fr)

Résumé

L'étude de l'évolution du littoral du département des Alpes-Maritimes de 1950 à nos jours a pour objet de créer un outil d'aide à la décision à destination des élus et des gestionnaires. Cet outil se présente sous la forme d'un outil informatique SIG qui permet ainsi aux décideurs d'avoir une vue d'ensemble de la position du trait de côte et de son évolution à l'échelle du département. Ce SIG va permettre de mener à bien une politique globale de gestion du littoral par le Conseil Général des Alpes Maritimes à des échelles cohérentes avec les projets et ce en fonction des demandes des collectivités locales et territoriales.

Enfin, l'outil SIG élaboré tout au long de l'étude est le point de départ d'un programme de suivi et d'observation de l'évolution du littoral du département des Alpes-Maritimes. Il est évolutif et permet de recevoir toutes autres données actuelles ou futures, qui pourraient être utiles à la gestion du littoral par les décideurs.

Abstract

Alpes-Maritimes département coastline evolution study from 1950 to nowadays aims at creating a decision making facilitation tool, for use by local authorities and managers. This tool consists in a SIG computer program, thus allowing decision makers to benefit from a broad overview of the coastal line and its evolution at departement scale. This SIG will enable the Conseil Général of Alpes Maritimes to conduct a comprehensive coastline management policy, at a scale consistent with its projects, and in coordination with local authorities' requests. Finally, the SIG tool built up during this study is the starting point of an Alpes-Maritime departement coastline follow-up and observation program. It is evolutive, and can be enriched with any current or future data that might help decision makers improve their management of the coastline.

Mots-clés :

Evolution du littoral – Système d'information géographique- hydrodynamique-aménagement – Alpes Maritimes

1. Introduction

L'artificialisation progressive du littoral des Alpes-Maritimes (urbanisation de bord de mer, constructions portuaires etc.) conjuguée à une maîtrise hydraulique des cours d'eau qui a entraîné une diminution des apports sédimentaires par ces derniers, et par là même une modification de l'hydrodynamisme côtier qui s'est traduit au fil du temps par une modification du trait de côte.

L'objectif de la mission d'étude de l'évolution du littoral du département des Alpes-Maritimes consiste à créer un outil d'aide à la décision à destination des élus et des gestionnaires afin de favoriser une politique de gestion du littoral globale et cohérente.

2. Bilan de l'évolution du trait de côte et caractéristiques socio-environnementales à l'échelle des cellules hydrosédimentaires

Un état des lieux des connaissances sur le littoral a été réalisé à partir de la bibliographie existante et de données recueillies auprès de différents organismes (CRIGE, CEREGE, DIREN, CG06, CONSEIL REGIONAL PACA...) et des communes, complétées par une reconnaissance approfondie de terrain. L'ensemble de ces informations a permis de synthétiser les caractéristiques hydrodynamiques du littoral (houles, vents, courants, etc.) et d'identifier les aménagements structurants sur le littoral effectués au cours du temps (ouvrages de protection contre la mer, rechargements de plages, digues portuaires, terre-pleins, etc.) et leurs évolutions.

Ainsi, le littoral des Alpes-Maritimes se caractérise par des côtes meubles (plages) essentiellement concentrées dans les grandes baies comme le Golfe de la Napoule, le Golfe Juan, la Baie des Anges, et des côtes rocheuses principalement présentes sur les extrémités est et ouest du département ainsi qu'au niveau du cap d'Antibes.

2.1 Evolution du littoral de 1950 à 2004

Huit campagnes de photographies aériennes ont été comparées entre elles après rectification et géoréférencement en Lambert 93: 1950, 1965, 1974, 1983, 1990, 1994, 1998 et 2004. Le SDAGE¹ réalisé en 2001 par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse en collaboration avec le CEREGE (Université Aix-Marseille III) a découpé le littoral du département des Alpes-Maritimes en 9 grandes cellules hydrosédimentaires. Les cellules définies dans le SDAGE, parfaitement

¹ Définition et cartographie des unités sédimentaires du littoral méditerranéen Français, synthèse bibliographique (Volets II et III), Mai 2001.

délimitées, ne couvrent pas l'ensemble du littoral meuble du département. Les nombreuses plages isolées qui ne sont pas incluses dans les cellules hydrosédimentaires du SDAGE sont à l'échelle des communes, des cellules hydrosédimentaires à part entière qui présentent un fonctionnement hydrosédimentaire qui ne dépend pas d'un grand linéaire de côte. Elles ont donc été définies dans cette étude comme des « sous-cellules ». C'est au total 70 cellules sédimentaires.

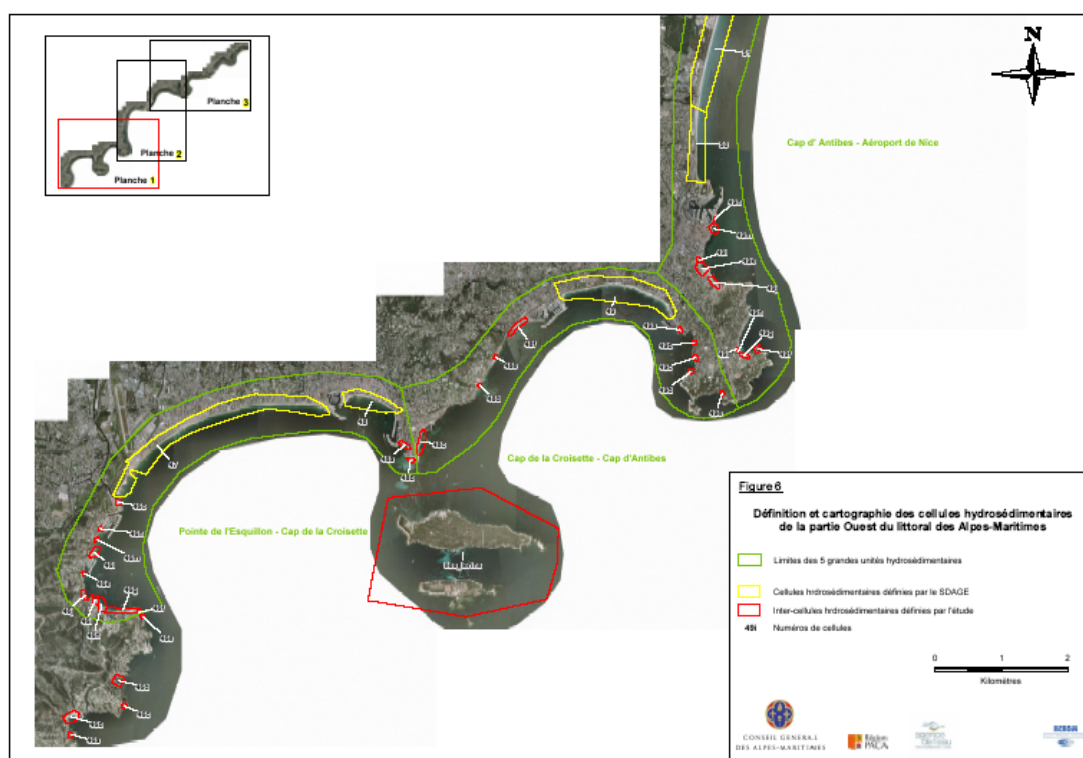


Figure 1. Exemple d'unités sédimentaires – partie ouest du littoral des Alpes Maritimes.

Afin de pouvoir localiser précisément les zones en érosion et en accrétion, et d'en faire le bilan sédimentaire (exprimée en surface), le trait de côte a été digitalisé sous un Système d'Information Géographique (S.I.G.) comme suit :



Les côtes meubles (plages de sable ou de galets) sont délimitées par deux limites, une pour le haut de plage et une pour le bas de plage (limite de la plage mouillée). Les traits

sont fermés à leurs extrémités pour former des polygones permettant le calcul des surfaces

Les côtes rocheuses sont représentées par un trait simple (une polyligne)



L'analyse de l'évolution du rivage a porté sur les côtes meubles car leur évolution est mesurable à l'échelle du temps où l'on travaille contrairement aux côtes rocheuses (en dehors d'éboulements brutaux).

Trois erreurs potentielles ont été distinguées lors de la digitalisation des photographies aériennes qui permettent d'estimer la marge d'erreur globale à +/- 5.0 m :

- l'erreur moyenne issue de l'orthorectification est évaluée à +/- 2.0 m,
- l'erreur provenant des variations à court terme de la position du trait de côte est considérée comme négligeable,
- l'erreur issue de la digitalisation manuelle du trait de côte (limite haute et basse) est évaluée à +/- 3.0 m.

Cette analyse a permis de calculer l'évolution surfacique des 70 cellules hydrosédimentaires pour chaque période d'observation. Les résultats entre les principales années d'observation sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau1 : Bilan des surfaces de plages 1950-2004, 1950-1983 et 1983-2004 sur les cellules hydrosédimentaires des Alpes-Maritimes

	Gain (en m²)	Perte (en m²)	Stable (en m²)	BILAN (en m²)
Evolution 1950 – 2004 (en m ²)	+ 532 216	- 274 720	397 261	+ 257 496
Evolution 1950 - 1983 (en m ²)	+ 485 586	- 264 634	407 347	+ 220 952
Evolution 1983 - 2004 (en m ²)	+ 140 207	- 103 663	789 275	+ 36 544

Le tableau 1 montre de façon synthétique que les côtes meubles présentent un bilan positif (+257 496 m²) entre 1950 et 2004, avec un gain de surfaces de plages de 532 216 m² et une perte de 274 720 m².

Les évolutions (gains et pertes de surface) les plus importantes ont eu lieu entre 1950 et 1983, avec un bilan global largement positif qui confirme que le littoral a fortement évolué pendant cette période (86 % du bilan surfacique total 1950-2004). En revanche, entre 1983 et 2004, les évolutions surfaciques montrent un gain toujours positif mais beaucoup plus faible (14 % du bilan surfacique total 1950-2004) principalement dû à des rechargements de plage et à quelques aménagements locaux.

Et la figure 2 illustre au niveau de chaque cellule, la représentation adoptée dans l'étude pour une bonne lisibilité des résultats.

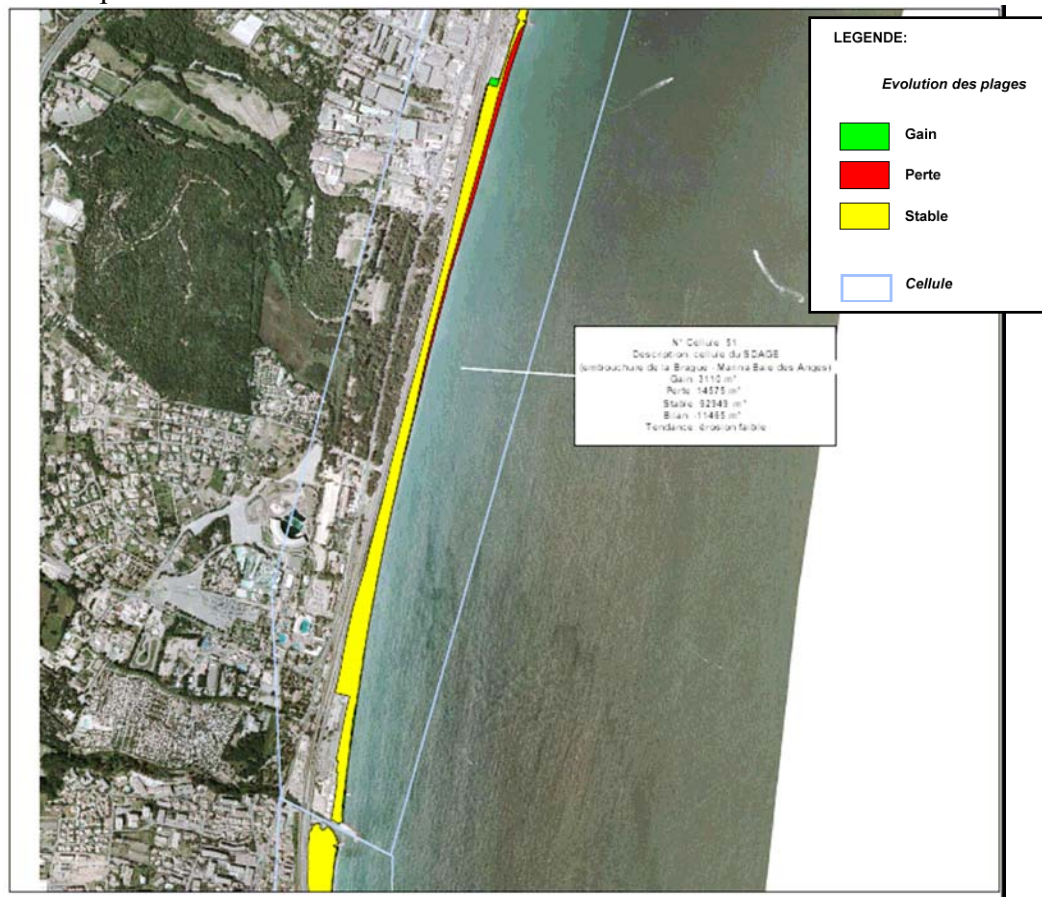


Figure 2. Evolution entre l'embouchure de la Brague et Marina Baie des Anges entre 1983 et 2004

L'analyse de l'évolution des plages entre 1983 (année de référence correspondant à la fin des grands aménagements anthropiques) et 2004 montre que le

fonctionnement hydrosédimentaire des cellules a été identique pour l'ensemble du littoral départemental :

- à l'origine (1950) : des plages étroites et rectilignes ;
- dans les années 1960 à 1980, des aménagements urbains, routiers et portuaires de masse qui ont été le plus souvent construits sur le haut de plage ou à la place des plages qui sont alors repoussées vers la mer. Ces aménagements se sont accompagnés de :
 - protections (murs verticaux pour la plupart) contre les attaques de la mer, qui ont eu pour effet d'accentuer l'érosion,
 - endiguements des embouchures des fleuves qui ont bloqué les faibles apports sédimentaires de la dérive littorale,
 - création de seuils dans les rivières pour favoriser le relèvement des nappes phréatiques superficielles,
 - rechargements massifs de plages à l'origine étroites (pour répondre à la pression touristique),
 - mise en place d'ouvrages de protection (épis, brise-lames, etc.) qui modifient la dynamique sédimentaire naturelle.

Ainsi, les plages élargies artificiellement se trouvent plus durement soumises aux attaques des tempêtes, de par leur position plus avancée en mer et l'artificialisation de leur limite haute (protections longitudinales : mur, enrochements, etc.). La diminution voire l'absence d'apports sédimentaires naturels oblige donc à un entretien par rechargements périodiques pour maintenir les largeurs de plages obtenues dans les années 1970-1980 lors des rechargements massifs.

Aujourd'hui, la stabilité apparente du littoral du département des Alpes-Maritimes, grâce aux rechargements de plage, masque une tendance naturelle à l'érosion des grandes cellules hydrosédimentaires. Toutefois, les rechargements devenant extrêmement coûteux et soumis à une législation plus stricte, certaines communes effectuent ces opérations de manière moins importantes et moins fréquentes. Et donc le recul du rivage commence à se faire sentir.

2.1 Caractéristiques socio-économiques

Afin de compléter les informations sur l'évolution des plages du littoral du département, un diagnostic socio-environnemental et économique du littoral a été effectué.

Le département des Alpes-Maritimes compte aujourd'hui plus d'un million d'habitants, dont 95 % vivent dans les communes urbaines du littoral. La frange

littorale, fortement aménagée (1 aéroport international, 43 ports, etc.), représente 20 % de ce territoire et concentre une multiplicité d'activités et d'usages.

Le tourisme, fortement lié aux activités balnéaires, est une des composantes majeures de l'économie du département, avec 90 à 95 % de cette activité qui se répartit essentiellement sur les 120 kilomètres de linéaire côtier.

Le littoral présente également une grande richesse environnementale qui se traduit au travers des nombreuses ZNIEFF recensées et des contraintes patrimoniales existantes (Natura 2000, ZICO, etc.).

3. Cartographie des risques littoraux

Le diagnostic effectué a permis l'établissement d'une cartographie des zones littorales à risque en fonction des aléas et des enjeux.

Cette cartographie du risque est le résultat du croisement des aléas qui affectent un espace particulier (érosion, submersion marine) et de la vulnérabilité du milieu ou enjeux (degré d'occupation et d'utilisation du sol par les activités) dont la reconnaissance sur le terrain a été effectuée dans la première partie du diagnostic.

La grille de croisements entre les aléas et les enjeux (cf. tableau 2) permet de définir le **risque érosion/agression mécanique de la houle** et le **risque submersion marine** :

			Enjeux		
			<i>Faible</i>	<i>Moyen</i>	<i>Fort</i>
Aléas	Erosion/Agression mécanique de la houle	<i>Faible</i>	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen
		<i>Moyen</i>	Risque faible	Risque moyen	Risque fort
		<i>Forte</i>	Risque moyen	Risque fort	Risque fort
	Submersion marine	<i>Faible</i>	Risque faible	Risque faible	Risque moyen
		<i>Moyen</i>	Risque faible	Risque moyen	Risque moyen
		<i>Forte</i>	Risque moyen	Risque moyen	Risque fort

Tableau 2 : Détermination du risque en fonction des aléas « érosion/agression mécanique de la houle » et « submersion »

L'analyse détaillée des résultats par cellule hydrosédimentaire (cf. figure 3) montrent que :

- 69 % de la surface totale des cellules hydrosédimentaires (soit 30 % du nombre total de cellules) sont soumises à un risque érosion/agression mécanique de la houle fort et 28 % (49 % du nombre de cellules) à un risque moyen.
- 1 % de la surface totale des cellules hydrosédimentaires (soit 5 % du nombre de cellules) sont soumises à un risque submersion marine fort et

90 % (56 % du nombre de cellules) à un risque submersion marine moyen.

- 88 % de la surface totale des cellules hydrosédimentaires (soit 45 % du nombre total de cellules) présentent des enjeux forts et 9 % (35 % du nombre total de cellules) des enjeux moyens.



Figure 3. Exemple de cartographie du risque érosion entre Marina Baie des Anges et le Cros de Cagnes

L'analyse des aléas, des enjeux et la cartographie des risques qui en découle, montre donc que les grandes baies du littoral des Alpes-Maritimes concentrent souvent les « risques littoraux ». Le risque « érosion fort » est prédominant sur le littoral du département, car il est principalement induit par l'« enjeu fort » lié à l'urbanisation très présente, en arrière du littoral. Le risque « submersion fort » est localisé sur des secteurs très précis.

Un inventaire des solutions de lutte contre l'érosion a été réalisé et leur principe de fonctionnement ainsi que les avantages et les inconvénients de chacune d'entre-elles ont été présentés.

Ces solutions, qui s'appuient sur la réalisation d'ouvrages de type épis, brise-lames ou la mise en œuvre de procédés nouveaux tels que les tubes en géotextile, drains de plage, nécessitent obligatoirement un dimensionnement précis basé sur les données locales. La poursuite des opérations de rechargement périodique a également été abordée.

Des ordres de grandeur de prix ont également été fournis à titre d'information, mais ils peuvent être modulés en fonction des configurations rencontrées.

4. L'outil d'aide à la décision

Cet outil se présente sous la forme d'un outil informatique de Système d'Information Géographique (SIG) au format MapInfo dans le système de projection : Systèmes Français - Méridien de Greenwich – Lambert 93.

Il permet d'avoir accès à toutes les données présentes dans la base de données qui est composée de « tables » associées à chaque couche (cellules, aléas, risques, ...).

La figure 3 présente un exemple des éléments digitalisés (port, plage, épis, digues, terre-pleins,

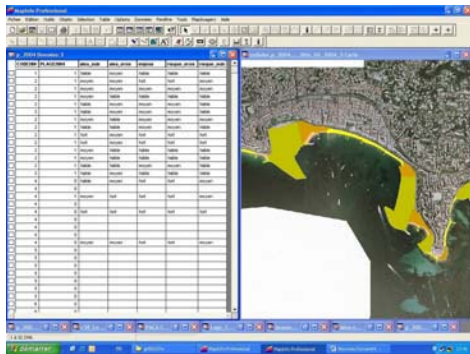


Figure 3. Présentation des tracés des polygones (plages, épis, ports, terre-pleins, ...) et de la table associée

L'outil d'aide à la décision réalisé pour les décideurs et les élus reprend les données recueillies et constituées au cours de l'étude :

- le tracé digitalisé au 1/1000 (avec une précision de +/- 5m) des côtes meubles (plages et ouvrages) et des côtes rocheuses du littoral sur les campagnes aériennes de 1950, 1965, 1974, 1983, 1990, 1994, 1999, 2004 ;
- la nature des sédiments (observé lors de la reconnaissance de terrain) : cette donnée est incluse dans la base et peut être exploitée en fonction des besoins ;
- les limites des cellules, sous-cellules et grandes unités hydrosédimentaires,
- l'évolution des plages au sein des cellules sédimentaires entre chacune de ces années et la tendance actuelle,
- les enjeux, les aléas (érosion/agression mécanique de la houle et submersion) et les risques qui en découlent à l'échelle des cellules hydrosédimentaires,
- les données environnementales : zones d'inventaire (ZNIEFF, ZICO, ...) et zones de protection spéciale (Sites Classés, Nature 2000, ...) fournies par la DIREN PACA.

Cet outil SIG permet aux décideurs d'avoir:

- une vue d'ensemble des caractéristiques du trait de côte et de son évolution de 1950 à nos jours à l'échelle du département des Alpes-Maritimes
- mais également, une grande précision sur des secteurs choisis compte tenu du niveau de digitalisation et leur évolution lorsque cela sera nécessaire.

L'étude de l'évolution du littoral des Alpes Maritimes qui a entraîné la construction de ce S.I.G. met également en valeur l'importance des données communales concernant en particulier les caractéristiques des rechargements (dates et volumes) passés et futurs. Cela impose, dans le futur car cela n'a pas été réalisé systématiquement, une sauvegarde des caractéristiques des aménagements et des apports artificiels (date de construction des ouvrages, volume de rechargement, granulométrie du matériau, etc.) par les communes littorales et une centralisation des données auprès d'un organisme reconnu.

L'outil SIG pourra, au fil du temps, également être amélioré et complété avec de nouvelles données qui pourraient apporter une meilleure précision dans l'analyse de l'évolution du trait de côte et de sa gestion (PLU, PPR littoraux, Cadastre, réseaux, hydrogéomorphologie, etc).

Le SIG permettra au Conseil Général des Alpes Maritimes de mener à bien une politique globale de gestion du littoral à des échelles cohérentes avec les projets. Enfin, l'outil SIG, élaboré tout au long de l'étude, peut être le point de départ d'un programme de suivi et d'observation de l'évolution du littoral du département des Alpes-Maritimes. Il est évolutif et pourra recevoir toutes autres données actuelles ou futures, qui pourraient être utiles à la gestion du littoral par les décideurs.

