

# DE LA CARTE À L'ANALYSE NUMÉRIQUE: LE LINÉAIRE CÔTIER NATUREL ET ARTIFICIEL DES ALPES-MARITIMES ET DE MONACO

Edward J. ANTHONY\*

**RÉSUMÉ** La consultation de cartes topographiques, de photos aériennes et des vérifications sur le terrain ont conduit à l'établissement de cartes en couleur du linéaire côtier des Alpes-Maritimes et de Monaco dont la saisie numérique permet des analyses statistiques à partir des cinq types de côtes recensés. Les cartes, qui donnent un état des lieux de l'artificialisation du linéaire côtier, peuvent être mises à jour et réimprimées de manière souple, tandis que les analyses numériques faites à partir de ces cartes contribuent à mettre en lumière des modalités d'artificialisation du linéaire côtier et amènent à réfléchir aux facteurs physiques et socio-économiques qui les sous-tendent.

**ABSTRACT** Colour maps of the five types of shorelines forming the French Riviera were established from topographic maps, aerial photographs and field work. Digitization of these maps generates data for statistical analyses of the relationship among the shoreline types. The maps, which show the present state of artificial shoreline development, are conveniently stored on diskettes and are readily updatable, while the statistical analyses of the shoreline types throw light on the mechanisms and factors underlying artificial shoreline development on this riviera.

**RESUMEN** A partir de la consulta de mapas topográficos y fotos aéreas y de la comprobación en el mismo sitio, se elaboran mapas en color de la línea de costa de los Alpes Marítimos y Mónaco cuya transcripción numérica permite análisis estadísticos basados en los cinco tipos de costa existentes. Los mapas presentan un inventario de la artificialización de la línea de costa. Su puesta al día y reimpresión pueden hacerse con flexibilidad, mientras que los análisis numéricos elaborados a partir de dichos mapas contribuyen a poner de relieve las modalidades de la artificialización de la línea de costa e incitan a reflexionar sobre sus causas físicas y socioeconómicas.

• ALPES-MARITIMES • ANALYSE STATISTIQUE • ARTIFICIALISATION • LINÉAIRE CÔTIER • NUMÉRISATION

• ARTIFICIALISATION • DIGITIZATION • FRENCH RIVIERA • SHORELINE • STATISTICAL ANALYSIS

• ALPES MARÍTIMOS • ANÁLISIS ESTADÍSTICO • ARTIFICIALIZACIÓN • LÍNEA DE COSTA • NUMERIZACIÓN

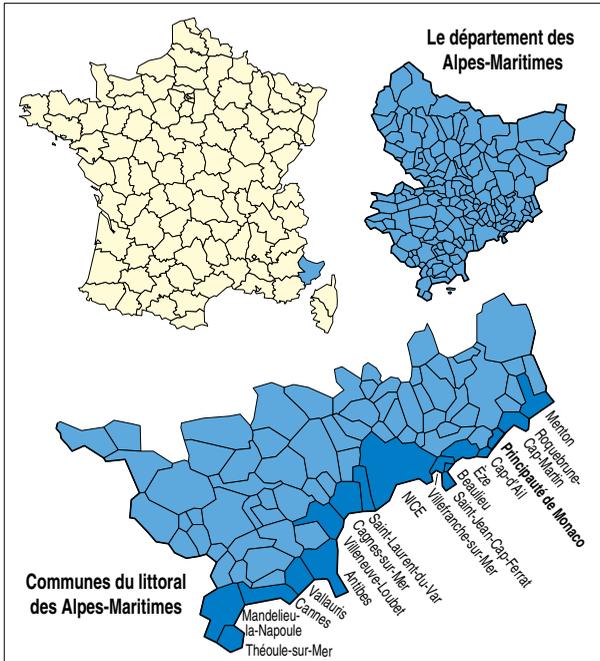
Cette note propose l'utilisation conjointe de cartes du littoral et d'analyses statistiques issues du traitement numérique de ces mêmes cartes. Le but est double: (a) présenter des cartes en couleur, stockées sur disquette et d'une grande souplesse de mise à jour et d'impression, montrant les types de côtes et leurs aménagements, et (b) mieux saisir l'artificialisation du littoral et les facteurs qui la commandent, par le biais de l'analyse numérique. L'exemple présenté porte sur le département des Alpes-Maritimes, qui comprend seize communes littorales, auxquelles a été ajoutée la principauté de Monaco (fig. 1).

## Méthodologie

La démarche suivie comprend plusieurs étapes alliant la consultation de cartes et de photographies aériennes existantes à divers

traitements informatiques (fig. 2). La morphologie du trait de côte, qui sert de base à la caractérisation du linéaire côtier, est déterminée à partir des fonds topographiques des cartes IGN au 1/25 000, complétée par des photographies aériennes IGN de 1990 à une échelle approximative de 1/30 000. Cinq types de côtes naturelles et artificielles ont été ainsi reconnus le long de ce littoral (fig. 3) et cartographiés sur des transparents. Pour atteindre une précision élevée, des vérifications de la nature du linéaire côtier et des mesures directes portant sur les structures d'aménagement mal perçues à l'échelle du 1/25 000 ont été effectuées sur le terrain. Dans les cas de linéaire artificialisé, on a recherché le linéaire naturel d'origine, sur d'anciennes cartes topographiques et d'anciennes photographies aériennes. Ces documents ont été également utilisés pour déterminer les taux d'artificialisation du linéaire côtier.

\* Département de Géographie, URA 1476, CNRS, Université de Nice-Sophia Antipolis, Nice.



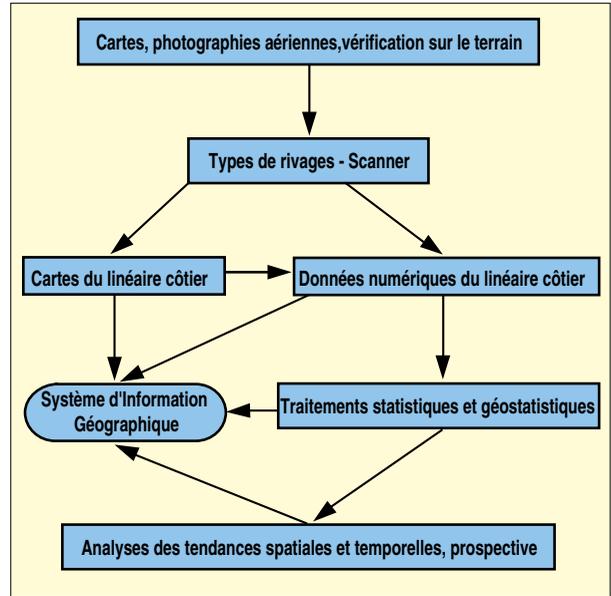
### 1. Les communes littorales des Alpes-Maritimes et la principauté de Monaco

L'étape suivante a consisté à numériser les cartes ainsi obtenues. Cette démarche permet de retenir uniquement le linéaire côtier, ce qui constitue un gain de temps. Elle facilite aussi la visualisation à l'écran, car à chacun des cinq types de côtes est attribuée une couleur. À partir des transparents numérisés (par scanner) sont élaborées des cartes en couleur montrant les cinq types de rivages qui occupent le linéaire côtier et les aménagements durs ou souples qui participent à son artificialisation.

Sur ces cartes, la longueur de chaque type de côte et la superficie des terre-pleins ou des digues de ports sont mesurées en utilisant un logiciel de traitement cartographique ou d'image. La méthode de mesure des linéaires depuis les images numérisées est d'une remarquable précision par rapport à la méthode classique du curvimètre, et elle permet en particulier d'obtenir des mesures, notamment sur des côtes très découpées, plus proches de la réalité, à défaut de pouvoir faire une analyse fractale. Elle est particulièrement adaptée aux côtes très découpées des Alpes-Maritimes. Rapide et fiable, elle fournit directement des données numériques qui sont traitées avec un tableur et peuvent servir à des analyses statistiques (analyses en composantes principales) ou géostatistiques (variographie) visant à mettre en évidence les modalités d'artificialisation du linéaire côtier ou de la répartition des différents types de côtes dans l'espace.

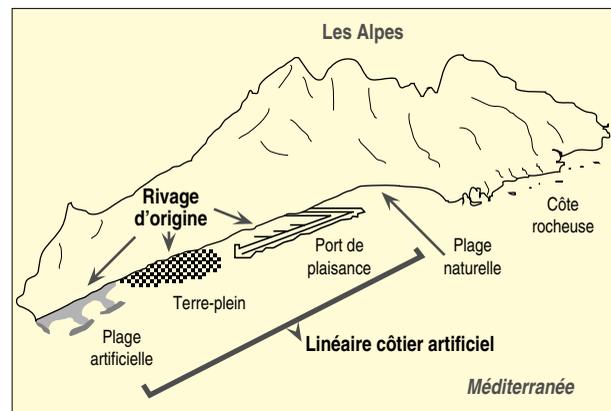
### Intérêt de la méthode et résultats

Sur la figure 3, aux deux types de côtes naturelles (rocheuses et plages) s'ajoutent trois types de côtes artificielles (ports, terre-pleins et plages artificielles). Le linéaire côtier de 132 km est



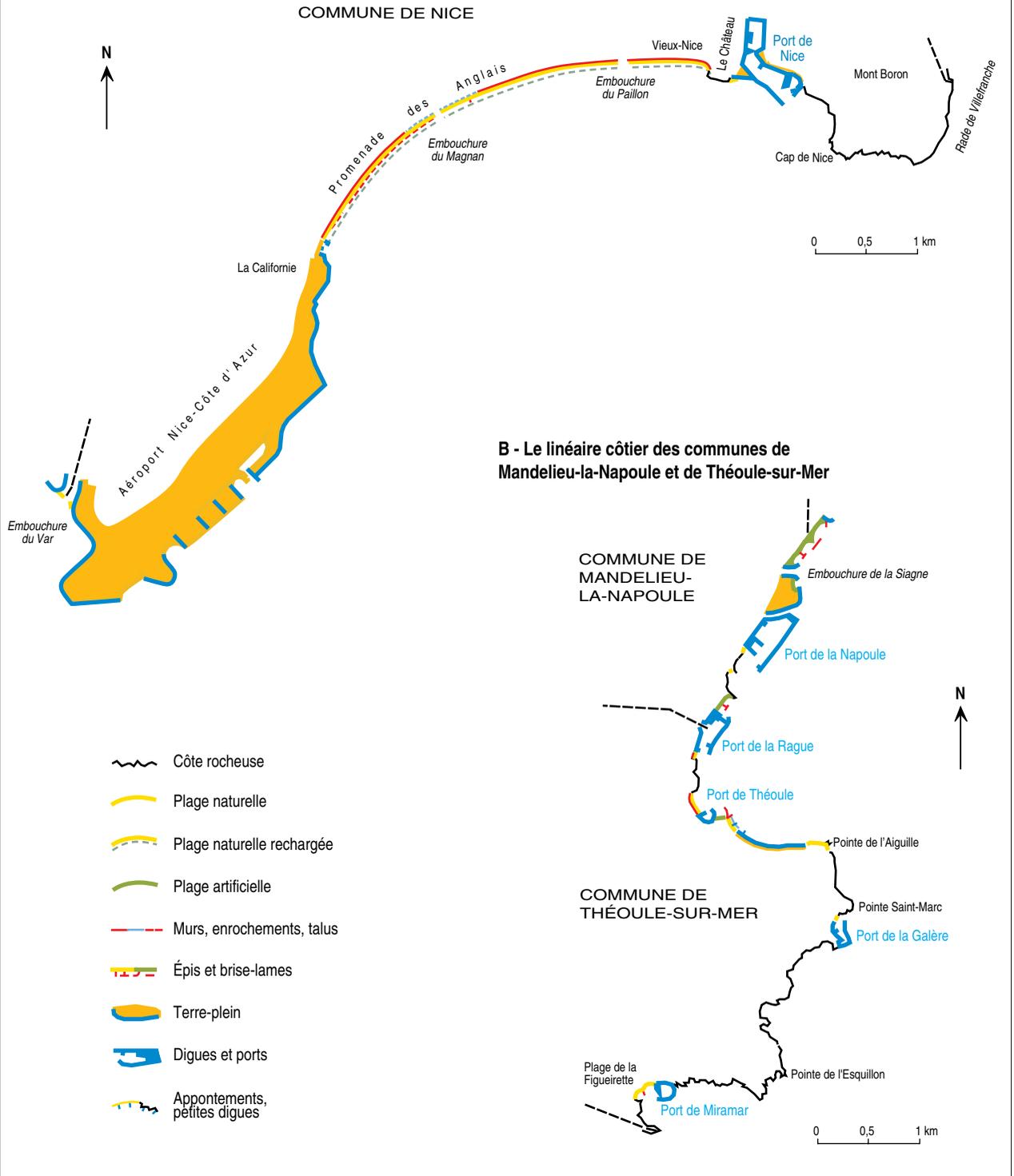
### 2. Étapes conduisant à l'élaboration des cartes et à l'analyse statistique du linéaire côtier à partir de la numérisation de ces cartes.

Les types de côtes alternant le long de chaque commune sont déterminés à partir de cartes topographiques, de photos aériennes et de travaux de terrain; ils sont ensuite répertoriés en cartes du linéaire côtier sur des transparents. Après numérisation, ces cartes sont redessinées en couleur avec un logiciel de dessin et stockées sur disquette. La mesure du linéaire des différents types de côtes alternant au sein de chaque commune se fait soit à partir des transparents numérisés, soit à partir des cartes définitives numérisées, avec un logiciel de traitement d'image. Une fois obtenues, les données brutes du linéaire côtier (linéaire de chaque type de côte et pour chaque commune) peuvent faire l'objet de traitements statistiques et géostatistiques à partir desquels des tendances spatiales de répartition des types de côtes ou d'artificialisation du linéaire côtier ainsi que des prospectives concernant les tendances futures peuvent être dégagées. L'ensemble des données brutes, des données traitées statistiquement et des cartes obtenues peuvent être couplées éventuellement à un Système d'Information Géographique.



### 3. Les cinq types de côtes recensés dans les Alpes-Maritimes et la principauté de Monaco

### A - Le linéaire côtier de la commune de Nice.

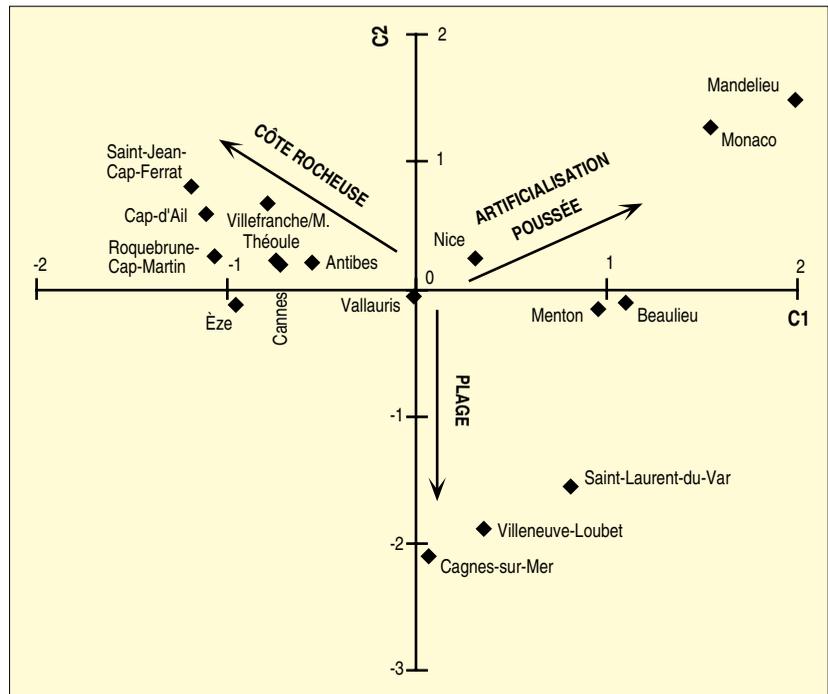


#### 4. Deux exemples de cartes du linéaire côtier des Alpes-Maritimes

dominé par des côtes rocheuses (52,4%) liées à la retombée des Alpes dans la mer. Un peu plus du quart est constitué par des plages, dont à peu près 60% sont des plages de graviers et galets. Le reste (21,5%) du linéaire littoral est occupé par de gros ouvrages implantés. Les ports sont, dans leur quasi-totalité, des ports de plaisance. Les terre-pleins sont des terrains gagnés sur la mer par remblai tandis que le terme de plage artificielle, subjectif, est réservé ici aux plages aménagées dans des secteurs où la côte naturelle à l'origine n'était pas une plage, ou n'était pas une plage suffisamment large, sédimentologiquement appropriée ou permanente pour pouvoir accueillir des baigneurs et des touristes. Il s'agissait en général de secteurs à accumulations d'algues ou de plages naturelles étroites à l'origine, qui ont quasiment disparu par suite d'une érosion prolongée, causée indirectement par l'homme; 75 à 85% des implantations de ports et de terre-pleins ont été faites au détriment des plages naturelles dont la perte de linéaire n'a été que faiblement compensée (2 à 3%) par la création de plages artificielles.

Les cartes en couleur donnent un état des lieux de l'artificialisation du linéaire côtier. La figure 4 (A et B) montre deux exemples des huit cartes couvrant le littoral étudié et qui peuvent être mises à jour et réimprimées de manière souple ou couplées à d'autres bases de données pour élaborer un système d'information géographique (fig. 2). Les analyses numériques amènent à réfléchir aux conditions d'aménagement du littoral.

La figure 5 résume les résultats d'une analyse en composantes principales sur les données numériques des cinq types de côtes (les variables) pour les 17 observations (les 16 communes littorales et la principauté de Monaco). Un premier pôle regroupe les communes à fort taux d'artificialisation: Mandelieu, Monaco, Menton, Beaulieu et à moindre degré, Nice. Un deuxième pôle regroupe les communes où le pourcentage de littoral rocheux domine. Ce pôle rocheux regroupe Antibes, Cannes (effet des îles de Lérins) et surtout les communes à fort taux de littoral rocheux et à faible taux d'artificialisation à l'est de Nice: la Riviera à Villefranche-sur-Mer, Èze, Roquebrune-Cap-Martin, Cap-d'Ail et Saint-Jean-Cap-Ferrat. Ce pôle inclut également l'autre commune à littoral rocheux, Théoule, en bordure de l'Estérel. La projection montre aussi l'agglomération des trois communes de Saint-Laurent-du-Var, Villeneuve-Loubet et Cagnes-sur-Mer autour d'un pôle dominé par les



## 5. Les pôles

Ils ont été mis en évidence par la projection des observations (les seize communes et Monaco) sur les axes orthogonaux représentés par les composantes C1 et C2 calculées à partir des linéaires des cinq types de côtes (les variables) pour chaque observation.

plages. Ces communes, présentées par ordre d'artificialisation décroissante, s'opposent aux communes à fort pourcentage de littoral rocheux. Si le facteur géologique (pôle rocheux des communes isolées ou contiguës à côte raide de l'Estérel et de la Riviera, pôle des communes contiguës à plages naturelles de la baie des Anges) est mis en lumière par cette analyse, il ne ressort, en revanche, aucune tendance spatiale nette d'artificialisation, les communes du pôle d'artificialisation ne formant pas un bloc contigu, les aménagements étant d'ailleurs de plusieurs sortes: terre-pleins de la plate-forme aéroportuaire à Nice et des complexes résidentiels et hôteliers à Monaco, plages artificielles à Mandelieu.

## Références bibliographiques

- ANTHONY E. J., 1992. *L'artificialisation du linéaire côtier des Alpes-Maritimes et de Monaco*, Rapport de Contrat, Région Provence-Alpes-Côte-d'Azur et Université de Nice-Sophia Antipolis, 44 p., 8 cartes couleur.
- ANTHONY E. J., 1994. «Natural and Artificial Shores of the French Riviera: an analysis of their interrelationship», *Journal of Coastal Research*, n° 10, pp. 48-58.

