

# Regeneración de playas. Nuevas tecnologías mediante geoestructuras

Fabrice Carol

Encargado de estudios y especialista en sedimentología. ESPACE PUR

## Summary

Coastal engineering is redirecting its traditional actions in the regeneration of beaches to avoid the drawbacks associated with hard, rigid modifications. New engineering technologies are appearing whose contribution to sustainability has earned them financial backing from the EU. Stabiplage is now fully developed as a pioneering design in geostructures and an effective alternative for preventing problems of shoreline erosion. The technique fits perfectly into the context of bio-engineering as per the new Framework Directive on Water for the restoration of river banks and estuaries with erosion problems.

## Introducción

La erosión marina afecta hoy en día a numerosos espacios de nuestro litoral y en particular a las playas de arena. Tenemos muchas playas que se están quedando sin arena, por lo que los ayuntamientos están observando la disminución de su atractivo turístico.

La playa es necesaria para el turismo, para el desarrollo económico pero también es un medio de protección de las dunas y de las zonas situadas detrás de las dunas: es un elemento del patrimonio que conviene, por lo tanto, preservar.

Para comprender las causas de la erosión es necesario remontar un poco la historia geológica: después de haber visto el modo de formación y funcionamiento de los medios litorales, haremos balance de su evolución y sus necesidades. En la última parte se presenta una técnica de tratamiento de la erosión inédita que suprime los efectos secundarios negativos de las técnicas utilizadas hasta hoy.

## Formación y funcionamiento de los medios litorales

### Formación de las zonas litorales

La zona litoral es la zona de transición entre los continentes y los océanos.

Es también la zona de llegada de materiales erosionados sobre el continente y transportados por los ríos (y por gravedad) hasta zonas bien localizadas, como deltas o estuarios.

A partir de este momento esta carga sólida va a ser aceptada por los agentes de la dinámica marina, quienes van a movilizarla, desplazarla perpendicular o paralelamente a la costa o acumularla a lo largo de la zona litoral.

Pero, hace 18.000 años, última era glaciár, el nivel marino estaba 100 metros más bajo que hoy. Entonces, la zona de llegada de los materiales erosionados sobre el continente, se situaba 100 metros más bajo que hoy.

Después de esta era glaciár sigue un período de recalentamiento climático y el nivel del mar remontó hacia el continente: al avanzar las olas empujaron los materiales previamente acumulados en la interfaz entre la tierra y el mar.

Esta acumulación sedimentaria, que forma un tampón o burlate, entre la tierra y el mar, efectuó una migración hasta que el nivel marino se estabilizó, hace 5.000/6.000 años.

Como conclusión, se puede decir que las zonas litorales actuales ocupan su posición desde hace 5.000/6.000 años.

### ¿Cómo funciona el sistema sedimentario litoral?

El litoral es un sistema en equilibrio frágil entre formaciones geológicas (playas, acantilados, etc.) y factores activos que transportan la energía, son las olas, las corrientes, las mareas y también el viento, las tormentas, etc.

Realmente se puede decir que en función de la disponibilidad sedimentaria los factores de la dinámica marina van a modelar la geomorfología litoral.

Este disponible sedimentario se puede caracterizar como un sistema volumétrico:

Esto es, un volumen de sedimento que entra en el sistema (por ejemplo a través de los ríos) y un volumen que sale (por ejemplo con las corrientes perpendiculares a la costa que exportan los sedimentos mar adentro).

Entonces se comprende fácilmente que cuando este sistema volumétrico está en equilibrio, el litoral está en equilibrio dinámico: hay tantos sedimentos que entran en el sistema como sedimentos que salen.

**¿Equilibrio dinámico por qué?** Porque la zona litoral está en constante evolución siempre buscando su mejor perfil para adaptarse a las variaciones dinámicas (hidrodinámicos y sedimentológico) a las que se somete.

#### ¿Cuáles son estas variaciones?

En primer lugar, son variaciones naturales:

**Variaciones a escala del año:** son por ejemplo las temporadas.

En invierno, las marejadas son más fuertes y más frecuentes que en verano. Por esta razón, y todos lo hemos observado alguna vez, las playas no tienen la misma morfología según el período del año en que nos situemos: en verano las playas tienen una morfología más suave y una pendiente más regular. En invierno al contrario, las tormentas y las fuertes mareas les dan

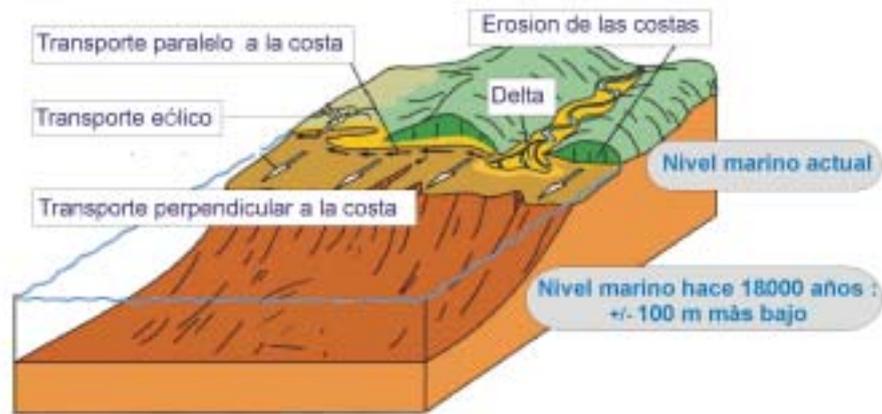


Figura 1. Formación de las zonas litorales

una morfología más contrastada.

**Variaciones a escala de 10/ 100 años:** esto es el tiempo necesario para observar movimientos sedimentarios entre una zona de llegada y una zona de depósito de los sedimentos. En esta escala de tiempo se pueden observar las fases de movilización, transporte y depósito de los sedimentos.

**Variaciones a escala de 1.000 años y más:** tenemos un ejemplo concreto con la subida del nivel marino.

### Evolución de los medios litorales

La zona litoral evoluciona naturalmente y, en estado natural, funciona de manera bastante simple: tenemos llegadas de sedimentos, que se desplazarán

perpendicularmente o en paralelo a la costa y que finalmente se depositarán o se exportarán fuera del sistema. Pero el problema es que hemos pasado de este sistema a un sistema mucho más complejo y perturbado.

Las adaptaciones y acciones humanas, tanto la explotación de los cursos de agua por la construcción de presas como la extracción de áridos, la construcción de zonas urbanas o zonas portuarias a lo largo de los litorales, contribuyeron en paralelo a los cambios climáticos naturales, a perturbar este sistema natural (Figura 2).

La consecuencia de todas estas perturbaciones, naturales y humanas, se traducen por un déficit sedimentario porque el volumen de sedimentos que entra en el sistema es inferior al que



Figura 2

# Gestión ambiental de playas



Figura 3

sale. Se produce un desajuste del sistema sedimentario y esto se observa cada vez más a escala mundial, cualquiera que sea el mar.

Las consecuencias son bien visibles y se materializan por una disminución de la pendiente de las playas, retroceso de la línea de costa, dunas erosionadas y disminuidas, casas que caen al mar, etc. (Figura 3). Se produce una disminución de la superficie de las playas y una exposición de éstas y de las dunas asociadas a la acción de las olas, de la marejada.

Finalmente la erosión tiene un impacto sobre la economía, el ecosistema que es un patrimonio natural, y en consecuencia más globalmente sobre la calidad de vida y el conjunto de las actividades asociadas al medio litoral.

## La técnica

Para ofrecer una solución duradera a estos problemas, se ha desarrollado la técnica Stabiplate®.

Ésta, se desarrolló para ofrecer un

método de protección blanda que se integra perfectamente a su medio, tanto desde un punto de vista estético, como del respeto de los intercambios sedimentarios que controlan la geomorfología litoral.

Utiliza los movimientos sedimentarios e hidráulicos naturales para ayudar al litoral a encontrar un equilibrio sedimentario positivo.

El objetivo de estas obras es:

- Proteger las playas y las dunas, Estabilizar los *stocks* sedimentarios, Impedir las salidas de arena, Disminuir la energía de las olas, Evitar el enarenamiento de los puertos,
- Crear islas o zonas de surf artificiales.

En la Figura 4, vemos las tres principales propuestas según su disposición

- Estructura en pie de duna, destinado a proteger directamente la duna contra la acción erosiva de las marejadas. Puede también servir de núcleo artificial para reconstruir una duna.



Figura 4

- Estructura perpendicular a la línea de costa, tipo espigón, que es un captador de sedimentos. Él frena las corrientes paralelas a la costa (tipo deriva litoral, corriente nacida de la oblicuidad del oleaje a la costa) para obligarlas a depositar la carga sólida que ya no tienen la fuerza de transportar.

- Estructura sumergida o rompeolas destinada a disminuir o inhibir la energía de las mareas antes de la playa. Existe también una alternativa con obra mucho más larga (ejemplo 250 metros) y que se llama "tope de pie". Estas obras sirven principalmente para mantener la arena del lugar entre la obra y la playa. Así se impiden las salidas de sedimentos perpendicularmente a la playa.

## ¿Qué es la estructura?

Es siempre una estructura multicapas en geocomposite (Figura 5).

Cada estructura, formando una envoltura, está constituida por un filtro interior flexible y permeable, cubierto por un caparazón de protección que también es permeable y ultra-resistente. Este último sirve también para mantener la forma de la obra durante el tiempo.

En el interior de esta estructura, se va a inyectar hidráulicamente una mezcla de agua y de sedimentos. Como los materiales son permeables, el agua se evacua naturalmente y los sedimentos permanecen al interior. Son estos últimos que dan la forma a la obra.

En todo caso, es muy importante destacar, de las estructuras que no son sencillos geotextiles. Éstos no presentan la resistencia necesaria para el trabajo en el mar.

Según lo requieran las condiciones puede disponer de un sistema de anclaje lateral que será enterrado en la playa hasta 1,5 m de profundidad (Figura 6).

Todos estos elementos y la elección de los materiales (permeabilidad, resistencia, color, etc.) van a depender del

# Gestión ambiental de playas



Figura 7



Figura 5

tipo de obra que se va a realizar y de las condiciones fijadas por el medio: hidrodinámica, tamaño de los sedimentos, orientación de las olas, profundidad, etc.

Una estructura lista para transportar al lugar de intervención se muestra en la **Figura 7**.



Figura 7.1

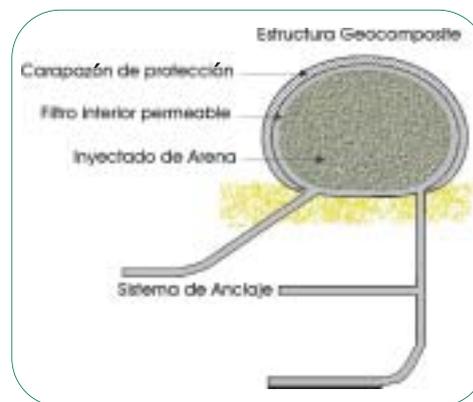


Figura 6

La **figura 7.1** muestra una obra de tipo espigón con sistema de anclaje en curso de inyección. Es decir, que la estructura se transportó al sitio de intervención y fue desenrollada. La red de inyección trae una mezcla de agua y sedimentos que va cumplir y dar su forma a la obra. El agua se evacuará naturalmente y los sedimentos permanecerán en el interior.



Figura 7.2

Son estos últimos los que dan la forma a la obra.

En la **figura 7.2** aparecen las estructuras una vez inyectadas.

En realidad, con nuevos materiales se han creado nuevas obras, con nuevas formas.

Son obras monolíticas, permeables, con muy pocas superficies planas y sin ninguna cavidad. Por otra parte, estas obras se pueden superponer y además, pueden adaptarse a numerosos tipos de suelos o substrato. Se ve (**figura 7.2a**), para una intervención en medio fluvial, que las obras están dispuestas sobre una alfombra de rocas.

## Estructura de tipo espigón en funcionamiento

Para la estabilidad de la estructura (**Figura 7.3**), el carácter monolítico, con pocas superficies planas y sin cavidad es importante ya que absorbe mejor la marejada. Las acciones mecánicas que ejerce habitualmente, compresiones, descompresiones, succiones son muy reducidas o inexistentes.

## ¿ Cómo funciona una obra tipo espigón? (Figura 7.4)

Esta obra va a frenar las corrientes costeras, tipo deriva litoral, que transitan a lo largo de las costas y desplazan sedimentos. Sobre esta figura se pueden imaginar estas corrientes que vienen por la izquierda: cuando la corriente encuentra la obra, pierde de su energía y libera los sedimentos que ya no tiene la fuerza de transportar. Estos



Figura 7.3



Figura 7.4



Figura 7.5

*En función de los volúmenes sedimentarios que transitan, vamos a calcular las dimensiones de una obra para que sólo esté tomada la cantidad de sedimento necesaria para la protección y la revalorización del sitio*



Figura 7.6. Playa de Arzon, costa Atlántico Septentrional Bretaña- Francia. Dos estructuras Stabiplate® perpendiculares - 50 metros de longitud. (1999)

sedimentos van a comenzar a acumularse a la extremidad de la obra y después transitan a lo largo de la obra hasta la parte alta de la playa.

Una vez el equilibrio de recarga alcanzado los sedimentos cubren progresivamente la estructura (Figura 7.5).

El excedente de la recarga sedimentaria necesaria para la rehabilitación y protección del perfil de la playa no se conserva y continua su tránsito natural: así no hay ruptura de los movimientos naturales de sedimentos a lo largo del litoral.

Es decir, que en función de los volúmenes sedimentarios que transitan vamos a calcular las dimensiones de una obra para que sólo esté tomada la

cantidad de sedimento necesaria para la protección y la revalorización del sitio.

Esto permite eliminar las perturbaciones secundarias dejadas por las técnicas tradicionales. El objetivo no es bloquear y acumular el máximo de sedimentos contra la obra y suprimir la alimentación de las zonas situadas más allá. Al contrario el objetivo es explotar el tránsito litoral con exactitud para no desplazar o acentuar el problema de la erosión a las zonas sin protección.

#### Al final de la intervención

Por último, la obra terminará por desaparecer bajo la arena recogida y la playa encontrará todo su carácter natural y sobre todo atractivo (Figura 7.6).

La playa sufría una pérdida sedimentaria importante. El descenso del perfil de la playa y la disminución de su pendiente, permitieron al mar remontar hasta la duna.

El riesgo de ruptura del cordón litoral amenazaba directamente el ecosistema y la zona residencial situados detrás.

Hoy, recogida la arena, acumulada y mantenida permitió subir el perfil de la playa de más 1,20 metros. Reformada la pendiente, la zona de disipación de las olas se sitúa mucho más abajo. La alta playa ofrece una zona fuera del agua, incluso con grandes coeficientes de marea.

La duna desarrolló un potencial florístico que rubrica la intervención sobre

## Gestión ambiental de playas

una zona que recupera completamente su carácter natural y su atractivo: las obras son totalmente invisibles.

### Estructura paralela a la línea de costa y sumergida

Su función es disminuir o romper la energía de las marejadas incidentes basándose en el principio natural de la refracción o "deformación" de las olas.

La marejada que llega sobre el litoral puede considerarse como una serie de tren de ondas sinusoidales en el que los huecos y los picos forman las olas. Estas series de ondas, llamadas tren de marejada, son paralelas entre ellas (**Figura 8**). Al contacto con la estructura, el oleaje, se ralentiza y se deforma.

De un lado y del otro de la estructura va entonces a reorientarse perpendicularmente a la línea de costa. Esta configuración provoca un encuentro de dos trenes de oleajes quienes van a auto-inhibirse. Al final, detrás de la obra, existe una zona sin energía donde los sedimentos podrán depositarse.

Por fin estas obras son muy estables: el cuerpo monolítico sin ninguna cavidad y poca superficie plana permite obtener una excelente estabilidad: no hay más fenómenos de sobre-presión, bajo-presión o succión. La marejada no tiene ninguna cavidad para comprimir el agua o el aire.

Además, las obras sumergidas se equipan de un sistema antiexcavación: la obra se ancla en una alfombra, solidario de la estructura, y que se fija en el suelo. La permeabilidad y el peso de la obra refuerzan también este aspecto de estabilidad (**Figura 9**).

### ¿Una técnica innovadora? ¿Por qué?

Las obras de tipo espigón o rompeolas ya existen desde hace tiempo.

Pero no tengo la pretensión de decirles que estas estructuras revolucionan los conceptos de la geología marina.



Figura 8



Figura 9

Simplemente son técnicas innovadoras porque con nuevos materiales se conciben nuevas obras que suprimen los efectos secundarios indeseables de las técnicas utilizadas hasta hoy.

El Stabiplate® permite respetar e integrarse en el ecosistema :

La instalación de esta técnica no necesita medios técnicos pesados. Por eso la intervención es más fácil y más rápida. Por otra parte la estabilidad de la obra, su funcionamiento y su resistencia, en particular, a las acciones mecánicas de la marejada, permite suprimir las obligaciones de mantenimiento.

**La instalación de esta técnica no necesita medios técnicos pesados. La estabilidad de la obra, su funcionamiento y su resistencia, en particular, a las acciones mecánicas de la marejada, permite suprimir las obligaciones de mantenimiento**

Estos conceptos tienen obligatoriamente un impacto positivo en el precio de los trabajos.

Por lo que se refiere a las obras sumergidas, es posible fijar nichos ecológicos artificiales.

Este aspecto puede ser muy importante cuando trabajamos en zona sensible o de reserva natural protegida.

Por último, la permeabilidad de los materiales permite el drenaje necesario a la vida del suelo. Por ejemplo cuando las obras se establecen en pie de duna y que están cubiertos con arena, la vegetación podrá desarrollarse. Eso también acentúa la integración en el medio ambiente y preserva la estética del lugar.

Las geoestructuras permiten también respetar e integrarse en el equilibrio dinámico del medio.

Vimos que las obras perpendiculares no bloquean el tránsito sedimentario. Se realiza una captación juiciosa y adaptada al volumen sedimentario disponible.

También, otro aspecto innovador de la técnica: las estructuras se cubren naturalmente con la arena captada, acumulada y mantenida.

Este es posible por la dimensión juiciosa y adaptada de la obra y también gracias a la permeabilidad y el aspecto monolítico de las obras: la roca posee superficies planas y duras que son muy reflectivas y crean perturbaciones hidráulicas que impiden el depósito propio de los sedimentos. A lo largo de la geoestructura la arena se deposita de manera muy neta porque no hay perturbaciones. Así la obra va a poder cubrirse de arena y desaparecer.

Por fin, la forma de la obra, las propiedades de los materiales, el sistema de anclaje y el sistema anti-excavación permiten optimizar y garantizar una buena estabilidad de las obras.

La geoestructura permite respetar a los usuarios del lugar, de la playa.

## Gestión ambiental



Figura 10

Antes de la acumulación natural, el usuario puede ir descalzo sobre la estructura perpendicular. Son obras fácilmente transitables y no hay riesgo de lesiones.

En el caso de estructuras sumergidas, los bañistas o submarinistas están seguros: no hay riesgo de trampas ni de riesgos porque las obras no tienen cavidades y ocupan un pequeño espacio sobre el fondo. Por último, sobre el aspecto estético, todos preferimos las obras totalmente sumergidas.

Para las obras perpendiculares, el atractivo de la playa está asegurado por la paulatina desaparición de las obras, que se cubren de arena y la imposibilidad de acumular residuos en el interior de la estructura.

Otro ejemplo en medio marino con "Anse du Stole", en Bretaña (Francia) (Figura 10). Sobre la banda arenosa, se observó una erosión, erosión que generaba el retroceso de la línea de costa. Una escollera fue construida paralelamente a la duna. En la cabeza de la escollera unas turbulencias generaban una aceleración del retranqueo de la línea de costa y una brecha en el cordón dunar estaba a punto de formarse.

Intervención : dos obras perpendiculares de 35 m de longitud para engordar y subir el perfil de la playa. Después de tres meses de funcionamiento el nivel de la playa subió 120 cm.

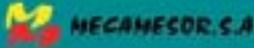
Así pudimos proteger la duna y el camping situado en su proximidad.

### Las características técnicas de las obras

El tipo de obra y las dimensiones son definidos por un estudio técnico previo: la elección de los materiales, la forma y la implantación de la obra se adaptan a las necesidades de la playa o al lugar que debemos proteger.

Técnicos competentes realizan la fabricación, el transporte, la implantación y la inyección de las obras. La técnica de instalación e inyección se adapta a cada intervención: por ejemplo, se puede trabajar directamente sobre la playa, o en el caso de obras sumergidas, de la línea de costa (hasta 250 metros) o con barcos.

Los materiales utilizados se adaptan (más que un simple geotextil) a las fuerzas físicas impuestas por el medio natural, en parti-



## CONTENEDORES R.S.U.

- ➔ SUPERFICIE
- ➔ SOTERRADOS CON GANCHO
- ➔ PLATAFORMAS HIDRÁULICAS
- ➔ ESPECIALES

Contenedores hechos a la medida de las necesidades de nuestros clientes, cubren cualquier posibilidad de recogida de residuos urbanos.



ANTI-VANDÁLICO  
NO FOTOSENSIBLE  
REPINTABLE  
DECORATIVO Y LIMPIO  
MUY LARGA DURACIÓN  
NO INFLAMABLE

FABRICACIÓN PROPIA  
ACABADOS A MEDIDA  
PERSONALIZACIÓN  
STOCK DE REPUESTOS  
SERVICIOS POS-VENTA  
DISEÑOS



vidrio  
envases  
papel  
ropa



Ramón y Cajal, 49.  
Polígono Industrial Gitea,  
28814 Daganzo, Madrid, España.  
Tel. 91 884 56 19  
Fax. 91 884 53 97  
mecanesor@mecanesor.es  
www.mecanesor.es

# Gestión ambiental de playas



Figura 11

cular, para la resistencia a la abrasión.

El caparazón de protección que cubre las estructuras permite adaptación y fiabilidad cualquiera que sea el tipo de sustrato, arenas finas, gruesas, guijarros, o materiales gruesos transportados por las corrientes, troncos de árboles, ramas, etc.

La resistencia de los materiales se elige según la dimensión y el tipo de las estructuras: la resistencia global de la estructura varía entre 85 kN/m y 1.000 kN/m.

Resistentes a: abrasión, UV, alcalinos, hidrocarburos, microorganismos, y condiciones naturales extremas de presión y temperatura.

Temperaturas : - 40 a + 80° C. Fusión : 260° C. Reblandecimiento : 220° C.

Las más antiguas realizaciones con esta técnica se remontan a 1986 y son una verdadera referencia de eficacia y durabilidad.

## La instauración de la técnica

1. La primera fase consiste en un estudio de viabilidad (para determinar las causas de la erosión o del enarenamiento y para confirmar la factibilidad de la técnica en el lugar) que va a desembocar en una propuesta técnica.

Es necesario saber que la técnica se reconoce en el ámbito de la UE

como técnica blanda. Estos proyectos pueden financiarse a través de algunos programas de ayuda.

2. A continuación se emite la propuesta técnica, que una vez aprobada, da lugar a la

3. Fase de fabricación de las geoestructuras. Una vez terminada, la estructura vacía se transporta hasta su lugar de implantación.

4. Disposición de las estructuras incluida la excavación necesaria para el sistema de anclaje, cuando así se preconice. En todos los casos, para las obras perpendiculares: anclaje de las extremidades, es decir que las extremidades se entierran en la playa.

A continuación para la inyección, es necesario constituir un stock de sedimentos.

**La resistencia de los materiales se elige según la dimensión y el tipo de las estructuras: la resistencia global de la estructura varía entre 85 kN/m y 1.000 kN/m**

Cuando el medio lo permite los materiales se toman in situ para evitar el tránsito intensivo de camiones de transporte. Finalmente la inyección puede comenzar.

5. Por último, seguimiento y monitorización de resultados.

Una vez terminado, un balizaje de las obras sumergidas puede ser realizado por las autoridades competentes. Sin embargo, se sitúan generalmente en la zona no navegable.

## Aplicaciones en medio fluvial

Para terminar, un paréntesis sobre las aplicaciones fluviales con, en particular, la creación de riberas o presas artificiales, por ejemplo para la lucha contra las inundaciones. La Figura 11 muestra la intervención sobre el río Loire (Francia). Establecimos la mitad de presas para subir el nivel de agua de los estiajes de 40 centímetros. Y también para permitir, creando una desviación de una parte del río, a liberar los sedimentos acumulados en un brazo muerto.

## Bibliografía

1. Carol, Fabrice. "Validité des paramètres sédimentologiques", programme National d'Environnement côtier. Université de Perpignan et Institut National des Sciences et Techniques de la mer. 2000.

2. Certain, Raphaël. Thèse de Doctorat "Morphodynamique d'une côte sableuse microtidale à barres : le Golfe du Lion (Languedoc Roussillon)". Université de Perpignan, 2002.

3. Cojan, Isabelle et Renard, Maurice. "Sédimentologie". Dunod, 1999.

4. Davis, R. "Coastal Sedimentary Environments". Springer-Verlag New York Berlin Heidelberg Tokyo, 1971.

5. Komar, P.D. "Beach processes and sedimentation". Prentice Hall, 2e edition. 1998.

6. Kroon, A. Phd Tesis. "sediment transport and morphodynamics of the beach and nearshore zone near Egmond, the Netherlands. 1994.

7. Paskoff, Roland. "Les littoraux, impacts des aménagements sur leur évolution". Armand Colin, 1998.