

POUR LA MISE EN ŒUVRE D'UN RECHARGEMENT DE PLAGE



Carnon-Plage



Un constat général sur le littoral : une tendance à l'érosion

Les plages, dans leur majorité, subissent actuellement une érosion d'origine naturelle ou anthropique.

Les plages se rétrécissent, la mer menace les infrastructures.

Cette tendance les rend aussi de moins en moins attractives touristiquement.

Frontignan



**Une solution prometteuse contre l'érosion du trait de côte est désormais accessible :
LE RECHARGEMENT DE PLAGE**

AVANT



APRES



U.S.A., Garden City

Il s'agit d'une méthode de **réintroduction de sable** sur la plage. Le rechargement est devenu une des méthodes les plus utilisées au cours de ces dix dernières années au niveau mondial, tout en composant au mieux avec la nature.

La majorité des cas d'érosion sont causés par une carence en sédiments. Ils quittent naturellement le site sous l'effet de la dérive littorale parallèle à la côte et ne sont pas remplacés en raison du déficit sédimentaire au niveau des sources potentielles et/ou de leur blocage le long du littoral, en amont des infrastructures côtières. Partant de ce constat, cette technique a pour but de **rétablir un équilibre de plage** et de la **restaurer** en apportant artificiellement le sédiment qui aurait dû parvenir au site.

Avantages:

- ✓ *Accroissement de la largeur des plages avec valorisation du tourisme et de son économie*
- ✓ *Meilleure protection contre les tempêtes par une diminution de la pente et de la réflexion en haut de plage*
- ✓ *Restauration d'habitats faunistiques et floristiques*
- ✓ *Augmentation de la sécurité du public tout en privili-giant un impact paysager faible*
- ✓ *Suppression des besoins en ouvrages lourds et coût réduit*

Contraintes:

- ✓ *Nécessité de disposer dans la région, à terre ou en mer, d'une source de sédiments compatibles*
- ✓ *Éloignement possible des zones de prélèvements, notamment sous-marins, qui implique une augmentation des coûts et une nécessité de mutualiser les moyens de dragage*
- ✓ *Nécessité d'entretiens périodiques et de renouvellement des opérations*
- ✓ *Impacts environnementaux sur sites de prélèvements sous-marins mal connus*
- ✓ *Montage administratif et technique encore peu normalisé*

Ce guide, complété à la fin par deux exemples de mise en oeuvre, a pour but de promouvoir et d'expliquer le procédé de rechargement de plage afin d'encourager les gestionnaires locaux du littoral à avoir recours à cette technique douce, respectueuse de l'environnement.



L'HERAULT EN AVANT, AVEC VOUS



Conception d'un rechargement réussi

1. Caractérisation de la zone en érosion

Dans un premier temps, il faut prendre en considération les **aléas naturels** (érosion, submersion) et les **enjeux socio-économiques ou patrimoniaux** afin d'évaluer les **risques** à l'échelle de la **cellule sédimentaire**.

Dans le détail, une **expertise morphodynamique précise** du site d'étude doit être réalisée afin de déterminer les possibilités et l'efficacité d'un rechargement de plage. Ceci implique une bonne connaissance de:

- la topographie de la plage (pente, ...) et la bathymétrie de l'avant-côte
- la granulométrie du sédiment
- les climats de houle et les différents courants sur l'avant-côte avec leur influence
- les mouvements sédimentaires (parallèles à la côte et dans le profil)



Elargissement de plus de 40 m.

2. Caractéristiques du sédiment d'emprunt et de sa source

Dans un second temps, il s'agit de définir quel sédiment sera utilisé pour recharger et sa provenance. Les critères à retenir sont:

- **LA GRANULOMETRIE**: égale ou supérieure à celle du sable en place,
 - **LA COULEUR**: si possible identique au sable naturel,
 - **LES SOURCES POTENTIELLES**: C'est le point critique: sable «fossile» sur le plateau continental (à ce titre, d'importants gisements ont été inventoriés dans le Golfe du Lion dans les projets Beachmed et Beachmed-e), dragages d'avant-ports (sous réserve de bonne qualité sanitaire et de compatibilité granulométrique), plage en accrétion en particulier en amont-transit des ouvrages portuaires, sable accumulé par les barrages, sable de carrières à terre ou de matériaux naturels concassés.
- La distance entre la source et la zone à recharger conditionne le coût du transport, paramètre important d'un rechargement. La faiblesse des sources à terre pousse à s'orienter de plus en plus vers des **sources maritimes**.

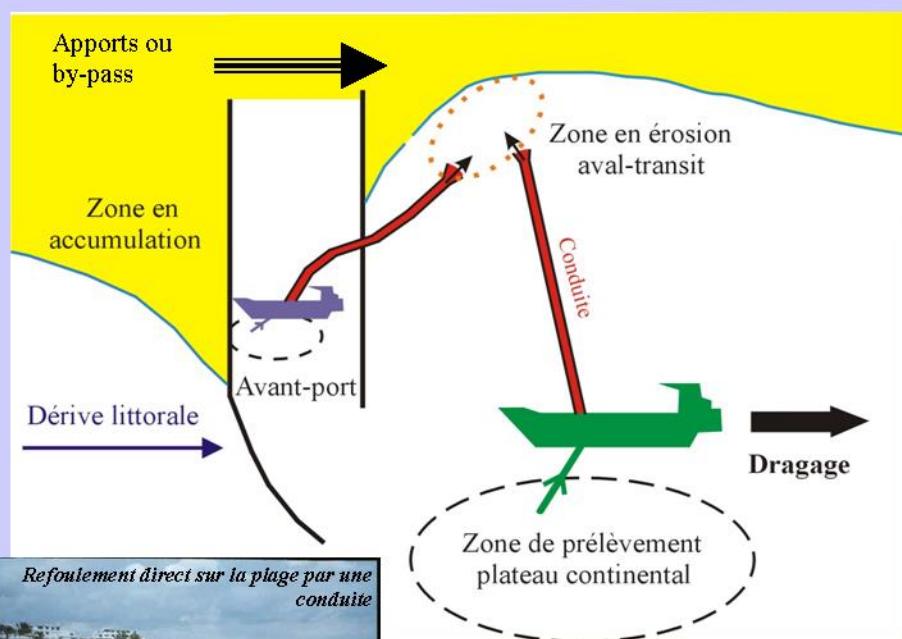
3. Volume de sédiment emprunté

Il dépend des caractéristiques locales du projet. En moyenne, **160 m³/ml** sont nécessaires pour rétablir un équilibre de plage.

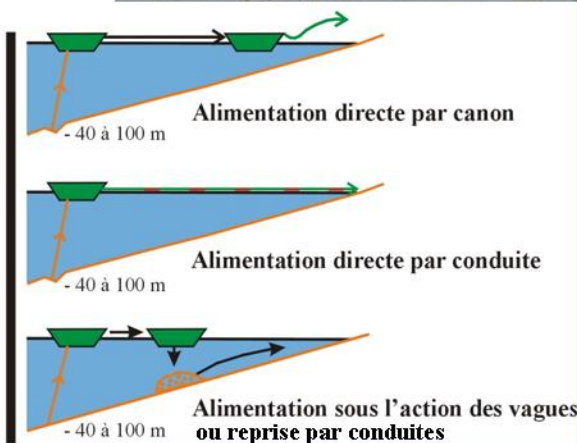
Il existe plusieurs méthodes pour calculer le volume nécessaire pour ré-engraisser une plage. La *méthode des profils d'équilibre* d'après Dean (2003) et la *méthode par la stabilité des apports* d'après le Coastal Engineering Manual (2006). Sous l'action des facteurs naturels, des pertes sont à prévoir immédiatement après le rechargement, il est donc nécessaire d'augmenter le calcul du volume de rechargement obtenu théoriquement de 10 à 20%.

4. Alimentation/transport

Les différentes techniques de rechargement sont synthétisées sur cette figure:



Drague munie d'un canon refoulant

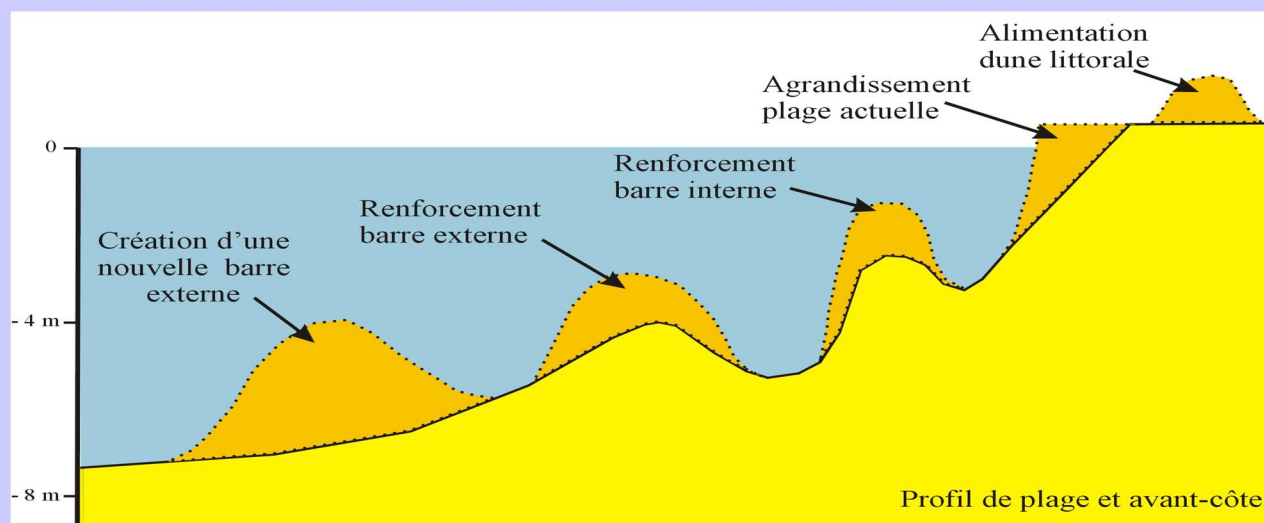


Les travaux doivent être réalisés en dehors de la période hivernale pour que le rechargement se stabilise et pour empêcher que le sable ne reparte en mer lors des premières tempêtes. En général, ils sont réalisés au printemps quelques semaines avant la saison touristique de l'été mais le début de l'automne reste la période la plus favorable en ayant un impact minimal sur le benthos.



5. Choix du positionnement du rechargement

Il est possible de déverser les sédiments directement sur la plage en les répartissant avec des engins ou en laissant à la houle le soin de distribuer les matériaux et de modeler le profil. La pente type d'une plage reconstituée est comprise entre 1,3% pour des sables fins et 10% pour des graviers. Il est possible aussi de déverser les sédiments sur l'avant-côte (sur les barres existantes ou en créant une barre surnuméraire plus au large). Cette dernière technique est largement utilisée aux Pays-Bas.



6. Entretien et suivi

Des **pertes** (10 à 20%) dues au transit littoral et aux vents forts sont à prévoir dans les semaines qui suivent l'opération de rechargement. Par la suite, des pertes régulières sont aussi observées les années suivantes, plus ou moins lentement en fonction des caractéristiques du site et du rechargement. Il est ainsi nécessaire d'effectuer des **apports périodiques compensatoires** annuels de 5 à 10% de l'apport initial dans les 2 (au plus tôt) à 10 années (au plus tard) suivant la première intervention. En Méditerranée, un projet bien conçu peut même être stable durant 12 à 15 années.

Un **suivi de l'évolution de plage** doit être réalisé pendant les cinq premières années suivant le rechargement afin d'évaluer l'opération et de préciser les conditions d'entretien de la plage.

7. Législation française

Le rechargement de plage est soumis au Code de l'Environnement.

Selon la qualité des sédiments, le volume dragué, le coût et la superficie des travaux, le projet peut :

- être soumis à **déclaration** ou à **autorisation** (ancienne Loi sur l'Eau codifiée article L214-1 et suivants, article R214-1 et suivants),
- nécessiter une **enquête publique** d'un mois (ancienne Loi Bouchardeau codifiée article L123-1 et suivants, article R123-1 et suivants),
- nécessiter la réalisation d'une **étude d'impact** ou **notice d'impact** (ancienne Loi de Protection de la Nature codifiée article L122-1 et suivants, article R122-1 et suivants).

Concernant la Loi Littoral, les travaux de rechargement étaient autorisés par l'Article 27 qui a été codifié dans le **Code Général de la Propriété des Personnes Publiques** (Article L2124-2). C'est l'Article L321-6 du Code de l'Environnement qui précise cette évolution.



Agrandissement de la plage

8. Impacts environnementaux

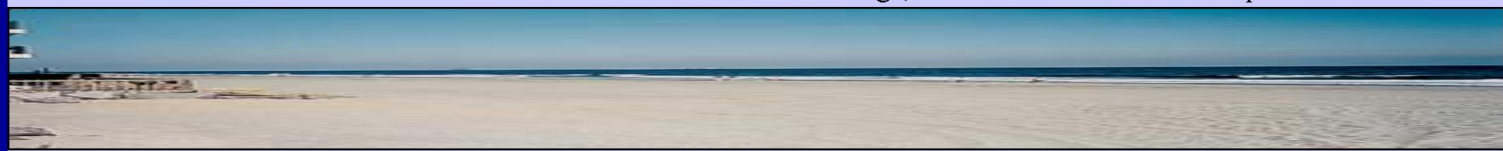
L'élargissement des plages peut engendrer la création de nouveaux habitats faunistiques, notamment pour les oiseaux de bord de mer.

Mais l'impact sur le benthos, étudié en détail dans un rapport LITEAU II UPVD/MEDAD à venir pour 2008, montre un fort impact pendant le rechargement sur les organismes avec une recolonisation rapide du site par les populations adjacentes. On peut aussi noter comme perturbations (cf. étude d'impact):

♣ L'augmentation de la turbidité de l'eau de mer (fonction du pourcentage de fines dans le sédiment) dans les zones de pompage et de déchargement des sédiments ; ce qui peut affecter l'écosystème,

♣ L'augmentation des nuisances sonores et visuelles durant les travaux: il est donc nécessaire de prévoir de les réaliser sur un temps court et de soigner la signalétique et la concertation prévue à l'usage du public.

On ne peut méconnaître non plus les nuisances entraînées par le prélèvement dans les zones marines au large, dont les modalités restent à préciser.



9. Coût d'un rechargement de plage

Le coût varie selon la taille du projet, la méthode utilisée, les volumes mis en jeu (plus les volumes sont importants, plus le coût du m³ de sable diminue), la distance à parcourir pour transporter le sable et le lieu de dépôt des sédiments.

En moyenne, un rechargement de plage coûte entre **6 et 8 €/m³**, mais le coût du transport par camion peut devenir rapidement prohibitif si l'éloignement des sources est important. En raison du manque de sources sur le continent ou sur le littoral déjà en érosion, on s'oriente de plus en plus vers des sources fossiles en mer à grande profondeur à l'aide de grosses dragues ; ce qui pourrait porter le prix du m³ à des niveaux légèrement supérieurs.

Par ailleurs, il peut être plus économique et plus pratique de déposer le matériel en créant une pente de plage assez raide et en laissant l'action naturelle des vagues répartir ce sable.



Une alternative peut consister à réaliser un rechargement directement sur l'avant-côte ce qui permet de déposer plus de sable pour un coût identique à un rechargement sur la plage. Il faut alors considérer la mobilisation et la préparation de la drague. Plus la source sera à grandes profondeurs, plus la drague devra être adaptée et performante et les volumes rechargés importants. Afin d'obtenir un résultat satisfaisant à moindre coût, les collectivités sont invitées à mutualiser leurs efforts en rechargeant plusieurs sites à la fois.

Un rechargement de plage ou d'avant-côte peut atteindre en moyenne un volume de 200 000 m³ la première année soit un total de **1 millions d'euros** pour une plage de 1 km de long et une avancée sur la mer de +20 m. L'entretien annuel ou pluri-annuel s'élève, en moyenne, entre **50 000 et 100 000 €**. En comparaison, l'aménagement d'ouvrages lourds (brise-lames de 100 m de long) suivi d'un rechargement en arrière de ces

ouvrages pour 1 km de plage s'élève au minimum à 2 millions d'euros sans compter le coût d'entretien. Mais au final, le retour sur investissement, en particulier lié au tourisme, après un rechargement de plage est beaucoup plus important (jusqu'à 500%) qu'après l'installation d'ouvrages lourds.

10. Informations et concertation du public



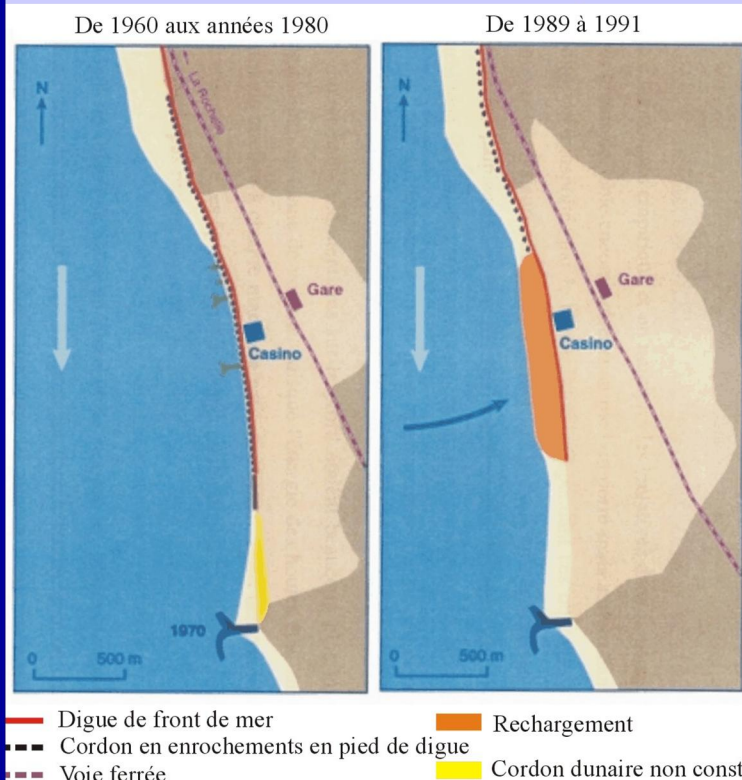
Il convient d'informer les usagers sur les nuisances occasionnées par les rechargements de plage, en particulier un accès temporaire restreint au site et une nuisance sonore possible.

Il faut aussi les informer sur les avantages qu'ils procurent à court terme en matière d'usage et d'agrément du site ; mais aussi sur les implications à moyen terme d'une telle méthodologie qui nécessite un entretien et un réapprovisionnement échelonné dans le temps



Exemple du rechargement de la plage de Châtelailillon-Plage (France, Charente-Maritime)

Châtelailillon-Plage, localisée en bordure orientale du Pertuis d'Antioche (17) dans une anse prolongée vers le large par un vaste estran, était une station balnéaire très fréquentée au début du XX^e avant de subir rapidement les effets de l'érosion. Dès



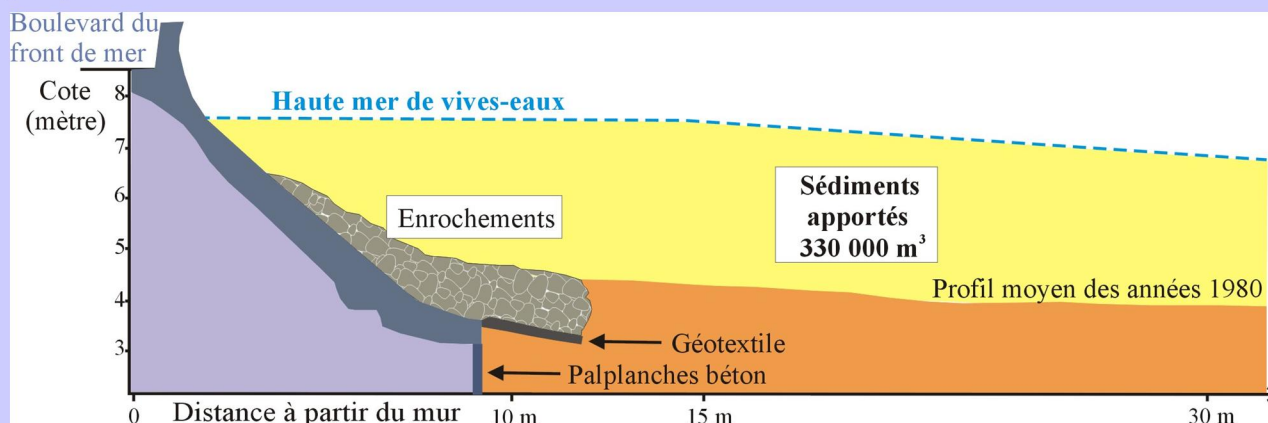
1925, une digue de protection parallèle au rivage a contribué à amplifier le phénomène par réflexion de la houle. Un affouillement en pied d'ouvrage en est résulté et a entraîné la nécessité dans les années 1960 de la mise en place d'un cordon d'enrochements empiétant largement sur le haut de plage. Dès la mi-marée, la plage était alors complètement submergée, réduisant ainsi l'utilisation balnéaire du site.

Le transit littoral, orienté nord-sud est estimé à 2 000 m³/an. Un rechargement de la plage entre le printemps 1989 et le début de l'été 1991 dans ses parties nord et centrale a été décidé avec les spécifications suivantes:

- hauteur de 7,5 m afin de se situer au-dessus du niveau des plus hautes mers de vives-eaux exceptionnelles;
- risberme (partie horizontale du talus) de 15m afin d'éviter tout déferlement et réflexion directs contre la digue;
- pente ne dépassant pas 5% assurant une bonne stabilité de la plage;
- profil élargi de 100 m laissant, à marée basse, une plage sableuse de bonne largeur;
- Extension sur un linéaire d'environ 1000 m.

Le sable emprunté par une drague flottante (330 000 m³) était d'origine marine (diamètre moyen de 0,3 à 0,4 mm)

extraît à plus de 30 km du rivage. Le transfert des sédiments a été réalisé par un refoulement hydraulique à l'aide d'une pompe rejetant le sable directement sur l'estran.



Les travaux se sont déroulés une fois par an pendant 3 ans après la période hivernale et avant la période estivale. A la fin des travaux, la plage rechargée avait les caractéristiques requises dans le projet. Le coût total de cette opération a été de 3 millions d'euros.

L'entretien annuel consiste à ramener au nord le sable transporté vers le sud par le transit littoral. Les mouvements dans le profil ont aussi dû être compensés en ramenant régulièrement le sable afin d'éviter son accumulation dans le haut de plage. En 1998, soit sept ans après, la partie centrale de la plage a été rechargée à nouveau de 150 000 m³ de sable marin.

Les années d'observation qui ont suivi ce rechargement n'ont montré aucun glissement important du sable vers le sud. Par contre, les transports éoliens ont été considérables, dérangeant les habitants proches du front de mer. Pour remédier à ce problème, des brise-vent sont mis en place en hiver.

Depuis 1989, on parle d'une « véritable renaissance » de la cité puisque le casino a pu rouvrir ses portes, les touristes reviennent à Châtelailillon (passage de 4 000 à 44 000 touristes/an entre 1984 et 2000) et les riverains ont retrouvé leur plage.



Plage rechargée. Publicité de l'office du tourisme, 1998.



Exemple du rechargement du littoral Sud-Latium (Italie)

La province de Latium (Lazio) en Italie présente de nombreux paysages touristiques dont de vastes plages de sable. Cependant depuis des années, ces plages sont soumises à une forte érosion. Dans ce contexte et dans le cadre, entre autre, du programme Beachmed-e, une restauration des plages sur plusieurs sites du littoral Sud-Latium a été entreprise en 2006.



Drague Pearl River équipée pour le dragage au-delà de 100 mètres.

Un important rechargement de plage a été réalisé sur cinq plages différentes pour un linéaire total de 12,8 km. Certaines plages possédaient déjà des ouvrages de stabilisation type épis espacés de 300 à 400 m.

Plusieurs gisements de sable au large de la province ont été utilisés pour le rechargement. La distance à la côte variait entre 80 et 120 km. La profondeur des sédiments disponibles se situait entre - 95 à -105 m. Le dragage de ces sédiments a été réalisé grâce à une drague de type Jumbo (Pearl River) capable de prélever des sédiments à plus de 100 m de profondeur et possédant un puits de 24 000 m³.

Le sable fin dragué avait une composante graveleuse de l'ordre de 25 à 30%. Cette composante bimodale offre un bon aspect pour les utilisateurs de la plage (sable) et une bonne résistance à l'érosion (gravier).

Les travaux se sont échelonnés sur plusieurs années depuis 2006. 3 mois de préparation par site ont été nécessaires et 100 000 à 200 000 m³ de sédiment par semaine ont été apportés. Au total, 2,3 millions de m³ ont été transportés et déposés sur les plages, soit une section de remblaiement de l'ordre de 200 m³/ml.

Le coût total du rechargement était de 22 millions d'euros, soit un coût unitaire de 6,5 €/m³.

Aucun rechargement périodique n'est prévu, pas plus que de suivi, ce qui constitue un manque à cette action.



Travaux de rechargement des plages du Latium avec matériaux extraits à 100m de profondeur.

Bibliographie sur la méthode du rechargement de plage:

CIRIA (1996) - Beach Management Manual, report 153: 255-308.

CETMEF (1998) - Recommandations pour la conception et la réalisation des aménagements de défense du littoral contre l'action de la mer, pp. II-7 - II-30.

COASTAL ENGINEERING MANUAL (2006) - http://chl.erdc.usace.army.mil/mEDIA:1/9/8/CEM_Part-V_Chap-4.pdf

DEAN R.G. (2003) - Beach nourishment: Theory and practice. *World Scientific Publishing Company, Advanced series on ocean engineering*, vol 18: 420 p

Avec l'aimable collaboration de Mr MICHARD (CETMEF)

Liens: http://www.univ-perp.fr/fr/recherche/les_laboratoires/domaine_sciences_et_technologie/images.html