



Analyse de l'évolution du volume sédimentaire des plages subtidales d'Anglet

Stéphane Abadie^(a), Christophe Brière^(b), Jean Dubranna^(b),
Philippe Maron^(a) et Didier Rihouey^(b)

^(a) *Maîtres de Conférences*, ^(b) *Doctorants*
LaSAGeC/UPPA, 1 Allée du Parc Montaury, 64600 Anglet
Tel : 05.59.57.44.21, Fax : 05.59.57.44.39,
E-Mail : stephane.abadie@univ-pau.fr

Résumé

L'étude de cartes bathymétriques couvrant les 25 dernières années, nous a permis de déterminer l'évolution du stock sédimentaire des plages subtidales d'Anglet. Le stock est globalement stationnaire durant les années 80, en revanche à partir du milieu des années 90, le volume global de sédiment diminue rapidement. L'influence prépondérante des rejets de matériaux de dragage de l'embouchure dans la zone d'étude est mise en évidence. On montre que le système est globalement en érosion sur toute la période. La forte proportion de rejets à la côte dans la première décennie permet de « masquer » le phénomène. En revanche, la diminution brutale de cette proportion dans la deuxième période entraîne la diminution immédiate et rapide du stock. Les causes possibles de cette érosion sont enfin étudiées. On montre ainsi l'existence d'un courant induit par la houle qui pourrait jouer un rôle important dans cette tendance à l'érosion et dans l'ensablement récurrent de l'embouchure.

Abstract

The sediment volume time evolution of the Anglet's underwater beaches has been analysed using a bathymetric data set covering the last 25 years. The sand volume appears to be more or less stable from 1979 to 1990 but decreases strongly after that period. It is shown that this behaviour is related to the artificial nourishment performed each year with dredging materials. We show that the underwater beaches have been continuously eroded over the last 25 years. During the first half period, the effects of this erosion are balanced by the large amount of dredging materials brought to the system. However, in the second half period the sudden diminishing of the quantity involved in this renourishment explains the strong sediment stock decrease. In a last part, numerical simulations show the frequent occurrence of a wave induced current which could explain the system erosion as well as the rivermouth recurrent sedimentation problems.

Mots-clés: Volumes sédimentaires, érosion, dragages et rejets de sédiment, houle, courants induits, embouchure de l'Adour.

1.Introduction

Les plages d'Anglet (Pyrénées Atlantiques) souffrent d'un problème continu d'érosion depuis plusieurs décennies. Afin de lutter contre ce phénomène, différentes études antérieures (LCHF 1976) ont conduit à la construction d'épis (figure 1) le long du linéaire de plages, ainsi qu'à des recommandations stipulant principalement le rechargement régulier des zones côtières avec les sédiments issus des dragages de l'embouchure de l'Adour. Depuis 3 ans, le LaSAGeC mène une opération de recherches sur ce site visant à mieux comprendre les interactions entre l'embouchure de l'Adour et les plages voisines. Les objectifs de ce programme, financé à différents niveaux (cf. remerciements) sont le développement d'un "observatoire de la dynamique sédimentaire" par la mise en place de moyens pérennes de mesures hydrodynamiques et bathymétriques et le développement de modèles numérique ou empirique (Rihouey & Maron 2003) validés par les données mesurées.

Cette communication présente un premier état de l'évolution du stock sédimentaire de la partie subtidale des plages d'Anglet et des effets des rechargements côtiers sur ce stock. Dans une dernière partie, des résultats de simulations numériques associés à l'analyse des données bathymétriques nous permettent de mettre en évidence un des mécanismes responsables de l'érosion continue du site.

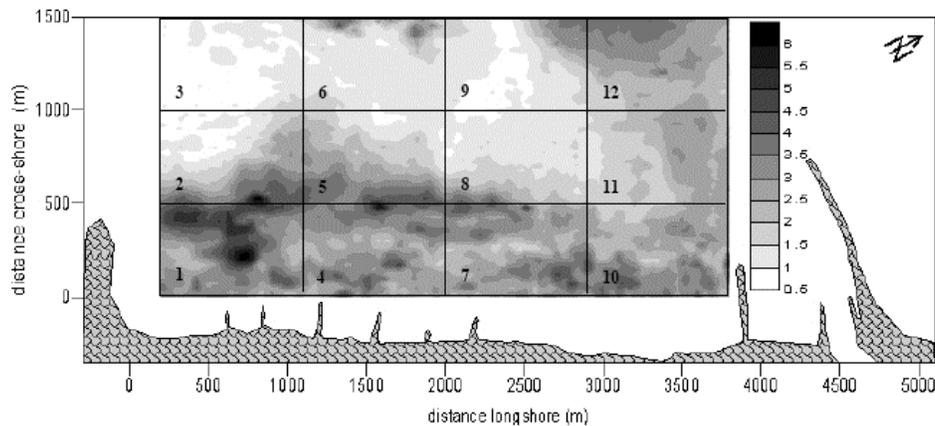


Figure 1 : Présentation de la zone d'étude - Enveloppe des variations bathymétriques (en m) entre juin 1979 et septembre 2003 et répartition des zones relatives à la figure 3.

2.Evolution du stock sédimentaire des plages subtidales d'Anglet

Le comportement de la zone subtidale au sud de l'embouchure a été étudié à partir de relevés bathymétriques couvrant une durée de 24 ans (1979-2003). La zone commune aux différents sondages comprend approximativement les fonds de 0 m (C.M.) à -20 m. Les 27 échantillons de mesures sont répartis relativement uniformément sur la durée totale (1 à 2 mesures par an).

Seule la période de 1997 à 2001 souffre d'un manque de données car la bathymétrie réalisée en 1999 n'est exploitable que sur une partie seulement de la zone.

A partir de ces relevés, une analyse de l'évolution volumique des plages subtidale a été effectuée en plusieurs étapes. Les points de sondage des cartes papiers (antérieures à 1996) ont

été digitalisés (Maron & Rihouey, 2003). Les cartes des fonds ont ensuite été reconstituées par interpolation (krigeage) sur une grille d'un pas régulier de 25 m dans les deux directions. Enfin, les volumes (au dessus du plan $z = -20$ m) ont été calculés numériquement à partir des grilles régulières.

La précision des méthodes de mesures bathymétriques a évolué au cours de la période d'étude. Ainsi, les dernières mesures réalisées depuis 2001 ont été obtenues par sondage classique associé à un GPS de précision centimétrique. Avant cette date, le positionnement de l'embarcation était plus approximatif. Les personnels du service maritime de la DDE en charge de ces relevés jusqu'en 1999, évaluent la précision de leurs premiers relevés à 5 m en coordonnées horizontales et 30 cm en coordonnées verticales. Nous avons volontairement accentué cette erreur ($\Delta x_{\max} = \Delta y_{\max} = 10$ m et $\Delta z_{\max} = 1$ m) afin de nous placer dans un cas très défavorable

Une estimation de la sensibilité du calcul de volume à l'erreur de mesure a ensuite été réalisée de manière statistique. La démarche a consisté à générer cent grilles régulières à partir de valeurs de sondages sur lesquelles une erreur aléatoire (loi normale, $\Delta x_{\max} = \Delta y_{\max} = 10$ m et $\Delta z_{\max} = 1$ m) est introduite. L'utilisation d'une loi normale assure que 95 % des points sont contenus dans un intervalle égal à deux fois l'écart type. Nous avons assimilé cette mesure à l'incertitude sur le volume global, ce qui nous conduit à une erreur relative de 0,4 % par rapport au calcul de référence (sans erreur de mesure).

L'évolution volumique globale de la zone ainsi que les barres d'erreurs associées sont représentées en figure 2. Ces dernières surestiment vraisemblablement l'incertitude réelle associées aux mesures les plus récentes. Jusqu'en 1996, le système semble globalement en équilibre même s'il accuse des variations non négligeables. A partir de cette date, un déséquilibre par rapport à la situation initiale de 1979 apparaît clairement. En cinq ans, on observe ainsi une diminution du stock sédimentaire disponible entre 0 et -20 m de 3.5 millions de m³ de sable soit 6.5 % du volume initial. Ce phénomène ne peut s'expliquer par l'imprécision de la mesure puisque il est largement supérieur à l'amplitude d'erreur. Si le système a subi entre 1996 et 2001 une érosion importante, on peut s'interroger sur la localisation des zones touchées par de fortes variations bathymétriques. La figure 1 présente à cet effet l'enveloppe des variations bathymétriques calculé entre 1979 et septembre 2003. Elle représente l'amplitude absolue en chaque point de la grille des variations bathymétriques sur l'ensemble des cartes traitées. Les deux parties du système qui varient le plus se situent au nord-ouest de la zone dans le prolongement de l'embouchure pour la première (zone 12), et parallèlement aux plages par des fonds de l'ordre de -6 à -8 m pour la seconde (zones 1, 2, 4, 5, 7, 8 et 10).

Les variations mesurées sont importantes puisque des valeurs comprises entre 2 et 4 m sont obtenues dans la zone nord-ouest tandis que la bande parallèle à la côte a varié en certains endroits très ponctuels de plus de 5 m. Le quart sud-ouest de la zone (zones 3, 6 et 9) présente enfin une évolution quasi nulle sauf très localement au large où l'on décèle la présence du plateau rocheux très accidenté dit du Loutrou qui apparaît très difficilement mesurable avec un sondeur mono-faisceau (d'où vraisemblablement des mesures incohérentes dans cette zone). Cette zone à faibles variations de niveau est à relier à la notion de profondeur de fermeture qui définit la profondeur limite d'action de la houle sur les sédiments marins. Cette profondeur a été évaluée à environ -13 m à partir des statistiques de houle locale (Butel et al., 2003) et se vérifie bien sur les données de terrain.

Si l'on calcule maintenant l'évolution temporelle des volumes sur les 12 zones de la figure 1, on obtient alors les graphes de la figure 3. Dans chacun de ceux-ci, l'ordonnée représente la

variation du volume par rapport à la situation de référence (1979) et l'abscisse le temps en mois. Cette procédure permet de dégager des informations claires sur l'évolution long terme du système. En effet, une évolution lente se superpose nettement aux fluctuations annuelles du signal. Il y a une différence de comportement évidente entre les plages subtidales situées au sud de la zone et les plages situées au nord (signalons que ce point avait déjà été mis en évidence dans l'analyse factorielle présentée dans Rihouey & Maron, 2003). On observe ainsi dans la partie Nord, une diminution relativement régulière du volume au cours des 24 dernières années indiquant un phénomène permanent d'érosion. Les zones les plus érodées sont les sections 11 et 12 ce qui est cohérent avec les résultats de la figure 1. Notons que la figure 3 montre également que les variations importantes des fonds mesurées dans le prolongement de l'embouchure correspondent à une érosion continue. Il s'agit en fait de l'extrémité d'un ancien dépôt de clapage de grande amplitude activement utilisé jusqu'en 1974, date à partir de laquelle les rejets côtiers débutent. Ces variations bathymétriques sont donc liées à la disparition de cette figure sédimentaire plus qu'à l'approfondissement de l'embouchure.

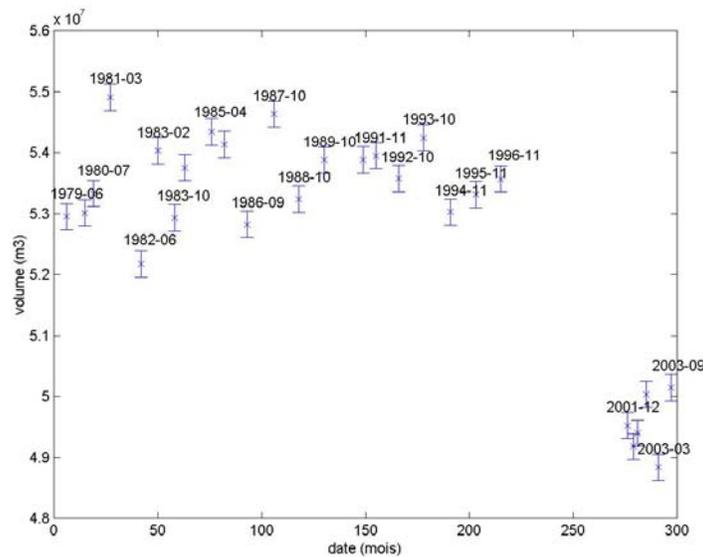


Figure 2. Evolution des volumes sédimentaires de 1979 à 2003

Le comportement des sections situées au sud est différent. On observe en effet une augmentation du stock sédimentaire des zones 2 et 5 durant la première moitié de la période de mesure (jusqu'en 1991) suivie d'une diminution générale des volumes dans la seconde moitié. Les zones 1 et 4 montrent un comportement similaire avec un léger retard dans l'inversion de tendance. Le décalage est encore plus important pour les zones 3 et 6 mais dans ce cas les variations sont plus faibles. Les volumes calculés à partir de la mesure incomplète de mars 1999 ont été ajoutés sur les courbes correspondant aux zones 1, 2 et 4 et le résultat obtenu confirme la tendance générale.

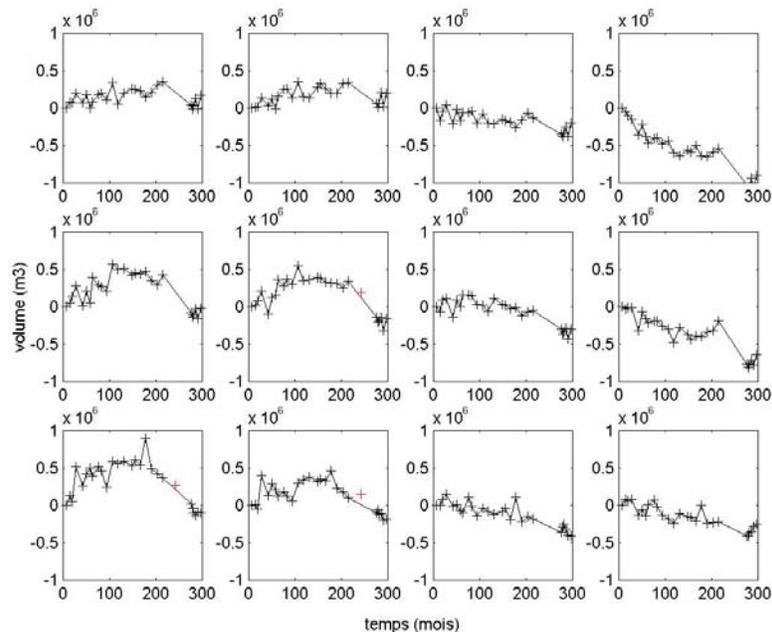


Figure 3 : Variation volumique relative à l'année 1979 pour chaque zone – marquage approximatif de l'inversion de tendance pour les zones sud (trait pointillé) - Repère : 06/1991=144 mois.

3.Impact anthropique

La construction des ouvrages (digues, épis) présents sur le littoral d'Anglet au sud de l'embouchure est antérieure à la période couverte par le suivi bathymétrique (excepté la nouvelle digue sud construite en 2001) et n'a donc pas influencé les évolutions du stock sédimentaire.

En revanche, au niveau de l'embouchure, des dragages réguliers d'entretien sont nécessaires pour conserver une profondeur suffisante (-12 C.M.) au chenal d'accès au port. En effet, on observe régulièrement un ensablement de ce chenal lors des tempêtes hivernales (jusqu'à 4 m dans un délai de 24 à 72 H d'après les services de sondage de la DDE service maritime de Bayonne). Ces matériaux dragués sont soit rejetés au large (par des fonds compris entre -20 et -25 m) soit rejetés en zone côtière (dans les zones 1, 2, 4 et 5 de la figure 1). Des profils de courants réalisés en mars 2003 au-dessus du dépôt du large montrent que dans les conditions de l'expérience, les courants de flot dirigés vers la côte sont trop faibles pour mobiliser les sédiments clapés au large.

A contrario, les courants de jusant plus intenses et de ce fait capables de transporter le sédiment, sont quant à eux toujours dirigés vers l'Ouest. Ce résultat avait déjà été mise en évidence en modèle réduit lors d'études antérieures (LCHF 1976). En ce qui concerne la houle, la valeur de la profondeur de fermeture montre que le sédiment du dépôt ne peut être transporté de façon significative. Il apparaît donc que les sédiments dragués et clapés dans la zone du large sont irrémédiablement perdus pour le stock sédimentaire des plages d'Anglet.

Ainsi, durant cette période, seuls les dragages et les rejets de matériaux sont susceptibles d'interagir « artificiellement » avec le système. Les volumes dragués représentent en moyenne 740000 m³ par an entre 1979 et 2001 (Figure 4). L'augmentation du volume dragué durant

l'année 1980 correspond à l'approfondissement du chenal de navigation. De même, la création d'une fosse fin 1999 (zone "tampon" dont l'objectif est de diminuer la vitesse d'ensablement du chenal), explique l'augmentation du volume de sédiment dragué entre 1999 et 2000. En ce qui concerne les rejets de dragage, on remarque une chute brutale de la quantité de sédiments rejetée en zone côtière à partir de l'année 1991. En effet, le pourcentage de sédiments rejetés à la côte est de 67 % entre 1979 et 1990 et tombe à 13,5 % si on considère la période 1991-2001. Le dragage continue sensiblement au même rythme sur les deux périodes puisque la moyenne annuelle est 785000 m^3 par an sur la première partie et 684000 m^3 sur la seconde. Il apparaît donc une relation forte entre "l'arrêt" des rejets côtiers (en 1991) et l'allure non monotone des courbes d'évolution volumétriques des zones sud dont la tendance s'inverse approximativement cette même année (zones 2 et 5) ou légèrement plus tard (zones 1 et 4). En ce qui concerne les zones nord, elles n'étaient pas directement concernées par le clapage côtier et de fait, l'arrêt de 1991 ne transparaît pas dans les courbes de la figure 1.

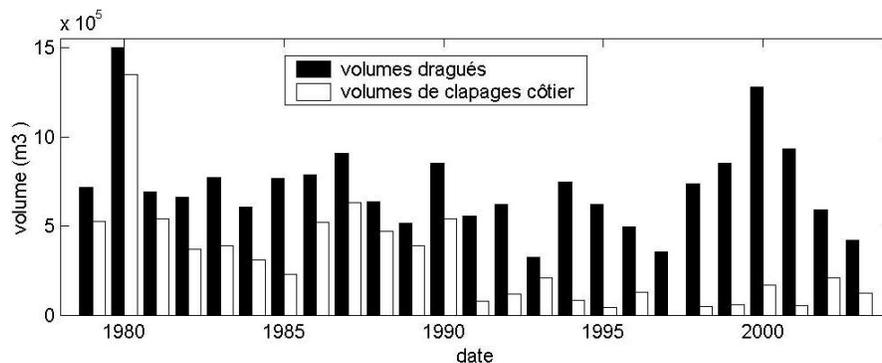


Figure 4 : évolution des volumes dragués et de la part des rejets côtiers.

4.Un système en perpétuelle érosion

La figure 5 dresse un bilan schématique des flux sédimentaires naturels et anthropiques sur les deux dernières décennies. On s'aperçoit ainsi que le système est soumis à une forte érosion dont l'intensité est constante sur les deux périodes de dix années. Si les rejets côtiers ont permis de masquer totalement ce phénomène dans les années 80, l'arrêt de ces rejets dans les années 1990 entraîne une diminution rapide du stock sédimentaire.

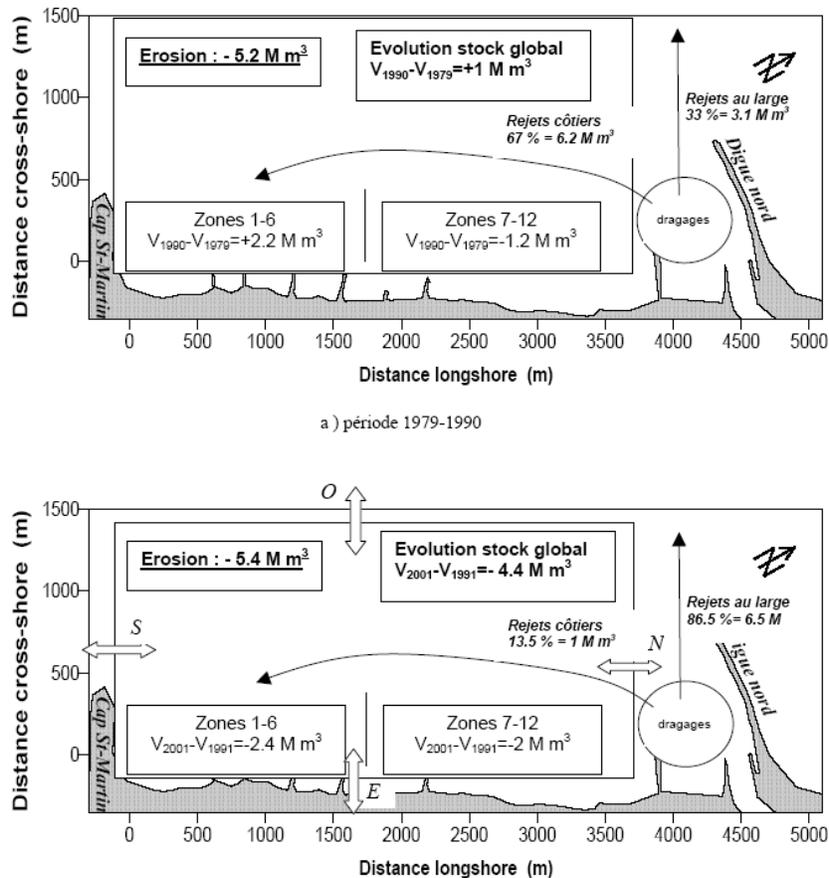


Figure 5 : bilan schématique des évolutions volumiques et des flux sur les deux dernières décennies.

Les causes de l'érosion du système semble être fortement liée à la proximité de l'embouchure. En effet, l'analyse des évolutions bathymétriques (figure 1 et 3) indique que la partie Sud Ouest du site est quasi-invariante, ce qui est cohérent avec la valeur de la profondeur de fermeture (-13 m C.M.). Plus précisément, la figure 1 montre qu'au Cap St Martin, seule une bande de 200 m perpendiculairement au Cap voit la valeur des fonds se modifier entre 1979 et 2003. Il s'agit là de la seule possibilité pour le sédiment de quitter le système par sa frontière sud mais elle ne peut expliquer les volumes importants décrits en partie 2 et 3, dans la mesure où les fonds dans cette zone de 200 m (longueur perpendiculaire à la côte) varient entre -9 et -13 m C.M. Cette affirmation s'appuie de plus sur des résultats numériques (Brière & Abadie, 2004) qui montrent la faiblesse des courants induits au droit du Cap. Ces simulations ont utilisé en conditions limites les classes statistiques représentatives du climat de houle local décrit dans Butel *et al.*, 2003. Cette étude basée sur les statistiques de 7 ans de simulations numériques (modèle WaveWatch III / <http://www.fnmoc.navy.mil>) comparée aux données directionnelles mesurées en local montre que les classes les plus fréquentes ainsi que les plus énergétiques ont une incidence de pic quasi nulle entre Biarritz et Capbreton.

En revanche, la figure 2 montre clairement que des variations de fond importantes ont lieu en zone 12 par des fonds de -14 à -16 m dans le prolongement de l'embouchure. C'est une zone soumise à l'action croisée des houles et de l'Adour et donc la notion de profondeur de fermeture uniquement liée au forçage de houle n'est plus valable.

Ainsi, les flux S et O pour sa moitié sud (figure 5b) ne jouent vraisemblablement qu'un rôle secondaire dans le phénomène continu d'érosion décrit précédemment. Le flux E existe de façon évidente mais ne peut être malheureusement quantifié faute de données de terrain sur notre période d'étude. L'érosion du système ne peut cependant s'expliquer par ce flux car cela impliquerait un engraissement hors du commun des plages émergées ce qui est loin d'être le cas sur les 25 dernières années. Une situation d'échange apparaît plus probable.

Les parties Nord et Nord Ouest du système semblent donc fournir une "voie" de sortie plus vraisemblable au sédiment. Les flux O (moitié N) et N sont forcément liés à l'influence croisée de la houle et de l'Adour. Nous avons mis en évidence par la modélisation numérique un mécanisme responsable d'un flux N (Brière & Abadie, 2004). Ces simulations réalisées à partir des codes TOMAWAC (conservation de l'action de la houle) et TELEMAC (Equations de St Venant) de l'EDF-R&D montrent que la présence de la grande digue Nord induit en permanence un gradient latéral de hauteur de houle qui génère un fort courant Sud – Nord (dès que la hauteur de houle est suffisante) qui se dissipe dans la zone habituelle d'ensablement de l'embouchure. Ce phénomène avait déjà été mis en évidence en modèle réduit dans de précédentes études. Il joue vraisemblablement un rôle prépondérant dans l'ensablement de l'embouchure au moins pour ce qui est des événements soudains (ce qui est cohérent avec les spécificités du forçage mis en cause). Le rôle de l'Adour est moins évident à quantifier et expliquer. Il n'est cependant pas à négliger comme l'atteste la trace visible de la sortie du fleuve dans l'enveloppe de l'évolution des volumes sédimentaires représentés en figure 1.

5.Conclusion:

L'étude de cartes bathymétriques couvrant les 25 dernières années, nous a permis de déterminer l'évolution du stock sédimentaire des plages subtidales d'Anglet (0 C.M. à -20 m). Si durant les années 80, la zone est relativement stable, les années 90 voient en revanche le volume global de sédiment chuter rapidement. Une analyse plus poussée des données montre l'influence prépondérante des rejets de matériaux de dragage dans la zone d'étude sur l'évolution du stock sédimentaire. Si le système est en érosion sur toute la période, la forte proportion de rejets à la côte dans la première décennie permet de masquer le phénomène. En revanche, la diminution brutale de ces rejets dans la deuxième période entraîne la diminution immédiate et rapide du stock. En dernier lieu, les causes possibles de cette érosion ont été étudiées. On montre ainsi l'existence d'un courant induit par la houle dirigé vers l'embouchure qui pourrait jouer un rôle important dans cette tendance continue à l'érosion.

6.Remerciements

Ce travail a été financé par l'Etat, le Conseil Régional d'Aquitaine, le Conseil Général des Pyrénées Atlantiques et la Communauté d'Agglomérations Bayonne-Anglet-Biarritz dans le cadre du contrat "Etude préliminaire du comportement hydrosédimentaire des plages d'Anglet et de l'embouchure de l'Adour".

7. Références

1. LCHF, 1976, Protection du littoral entre le Cap St Martin et l'embouchure de l'Adour : étude sur modèle d'ensemble, Rapport Général, Laboratoire Central Hydraulique de France. (disponible DDE Anglet – service maritime).

2. Rihouey & Maron, 2003, Decadal morphological behaviour from long term bathymetric surveys along the beaches of Anglet using eigenfunction analysis. *Coastal Sediment' 03*. Clearwater beach. Florida, USA, CD-ROM.

3. Maron & Rihouey, 2003, Optimisation de données bathymétriques à l'aide de SURFER. Application au suivi des plages d'Anglet. *Revue Française de Génie Civil*, n° spécial Génie Côtier, vol. 7, n°9, p1249-1266.

4. Butel, R., Dupuis, H. & Abadie S., 2003, Paramètres statistiques de houles sur le plateau continental basque, Rapport BRGM.

5. Brière C. & Abadie S., 2004, Analyse des courants induits par la houle au voisinage de l'embouchure de l'Adour – Anglet. 8^{ème} Journées Nationales Génie Civil Génie Côtier, Compiègne 2004.