



Les mouvements

Les sédiments

Les dragages d'entretien dans l'estuaire

Les dragages d'entretien dans l'estuaire

Résumé

Les estuaires sont des lieux privilégiés d'accumulation des sédiments. Des dragages d'entretien s'avèrent nécessaires au niveau des souilles, du chenal, pour maintenir des profondeurs navigables, notamment dans les secteurs où la puissance hydraulique du fleuve n'est pas suffisante pour y parvenir.

Les volumes dragués annuellement sont irréguliers. Ils ont atteint au maximum, plus de 17 millions de m³ (Mm³) en 1996, au minimum, près de 6 Mm³ en 1990, et environ 7 Mm³ en 2006 ; soit sur 20 ans, près de 230 Mm³. La majeure partie des dragages d'entretien s'effectue dans les sections aval du chenal, de l'estuaire externe à Donges. Aujourd'hui, les sédiments exportés hors de l'estuaire sont clapés à la Lambarde (en moyenne plus de 6 Mm³ par an, depuis dix ans). Les dragages dits à l'américaine sont désormais exceptionnels.



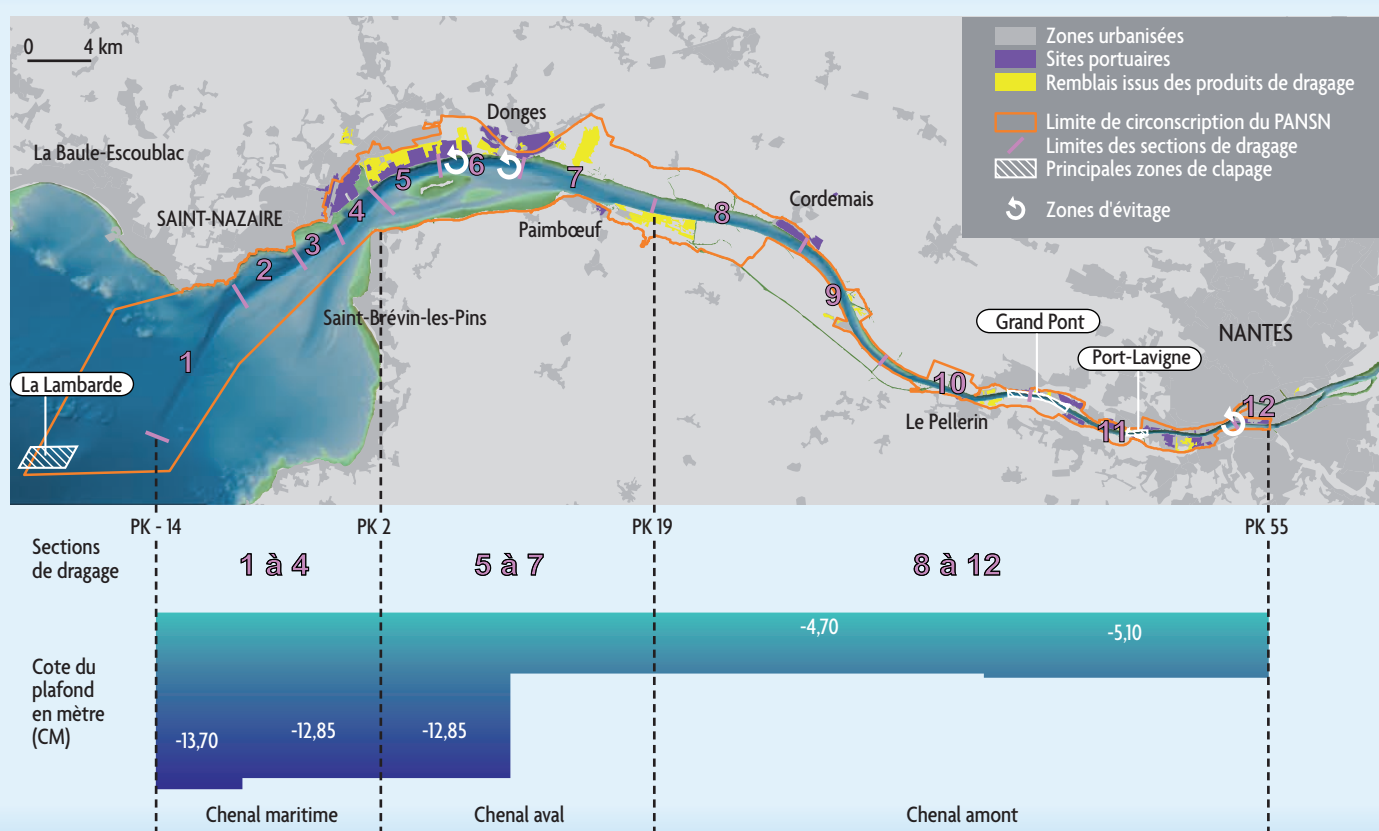
Objectif définition

Les navires fréquentant les terminaux portuaires de Nantes Saint-Nazaire disposent d'un chenal de navigation long de 69 km, de la zone d'attente des Charpentiers dans l'estuaire externe, jusqu'à Nantes, et effectuent leurs demi-tours

dans trois zones d'évitage. Pour garantir une hauteur d'eau suffisante sous la quille des navires à quai, quelle que soit l'heure de la marée, des surcreusements, appelés souilles, sont aménagés devant les postes.

CARTE L1 E3 - 1

Accès portuaires et dragages



Sources : PANSN Service hydrographique/BD ORCS-DDE 44/GIP Loire Estuaire

Ce chenal se partage en douze sections, qui correspondent : au chenal externe (sections 1 à 3), au chenal d'accès à Donges (sections 4 à 6), au chenal de transition (section 7) et au chenal

d'accès à Nantes (sections 8 à 12). Dans l'indicateur, les sections 1 à 4 sont dénommées chenal maritime, les sections 5 à 7, chenal aval et les sections 8 à 12, chenal amont.

Globalement, la profondeur maximale du chenal de navigation - ou cote du plafond - diminue d'aval en amont. Elle est définie pour la desserte des installations portuaires et les tirants d'eau des navires correspondants. Ces valeurs, figurant sur les cartes marines, sont théoriques. En fonction des conditions hydrosédimentaires, une cote de référence pour la navigation est fixée mensuellement : il s'agit de la profondeur dont disposent réellement les navires jusqu'au fond nautique (vase de densité égale à 1,2 dans le chenal).

La remontée des fonds de l'estuaire est favorisée par l'accumulation naturelle de sables et vases provenant :

- des apports amont,
- ou de la re-mobilisation des sédiments déjà en place, dont le bouchon vaseux qui se dépose en mortes eaux.

Dans le cadre de la mission de service public confiée par l'Etat, le **Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire (PANSN) doit garantir aux**

navires un accès sécurisé aux installations portuaires de l'estuaire (41 postes). Il maintient donc les profondeurs nécessaires en procédant à des dragages d'entretien, qui consistent à retirer des sédiments du chenal de navigation et des souilles, sur une épaisseur de quelques dizaines de centimètres au plus.

Le coût des dragages a varié entre 15 et 25 millions € ces dix dernières années et s'élevait à près de 20 millions €, en 2006. Le financement se partage entre le Port et l'Etat.

Les opérations de dragages sont encadrées réglementairement :

- un arrêté préfectoral d'avril 2006 autorise les dragages d'entretien ;
- et un arrêté interpréfectoral, pris en 2003, autorise le PANSN à immerger les déblais de dragages à la Lambarde, pendant 10 ans.

Les dragues, qui ont été renouvelées au fur et à mesure des nécessités portuaires, sont de trois types.

TABLEAU L1 E3 - 1

Différents types de dragues utilisées

Drague aspiratrice stationnaire (DAS)		La DAS André Gendre intervient, depuis 1990, sur les bassins portuaires et les souilles d'accostage des navires, en transférant les sédiments vers le cheval via une canalisation d'environ 80 m.
Drague aspiratrice en marche (DAM)		La DAM Samuel de Champlain, d'une capacité de 8 500 m ³ en puits, est employée depuis 2003, dans le chenal de navigation, sur les zones d'évitage et parfois les souilles. Elle recueille les sédiments du fond du chenal et ceux des souilles - transférés par la DAS - puis les évacue.
Engin doté d'une barre niveleuse		Le Milouin finalise le dragage et effectue dans le chenal amont, un hersage pour aplanir les riddens, ces grandes rides mobiles de sable pouvant atteindre 3 m de haut. Cette drague n'extrait pas de sédiments, contrairement aux deux autres.

Source : GIP Loire Estuaire

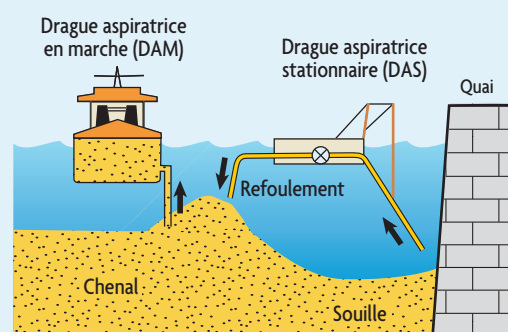
Les produits de dragages sont rejetés :

- soit par clapage. Les sédiments des chenaux maritimes et aval sont transportés par la DAM pour être immergés ou clapés, essentiellement au large, au niveau de la zone de la Lambarde dans l'estuaire externe à environ 20 km de Saint-Nazaire ; tandis que ceux du chenal amont sont clapés dans les fosses de Grand Pont et de Port-Lavigne ;
- soit par refoulement, comme le fait la DAS ;
- soit à l'américaine. Les sédiments sont alors rejetés hors de la DAM, puis évacués par les courants de la Loire. **Cette pratique est désormais interdite, sauf circonstances exceptionnelles à justifier auprès de la police de l'eau.**

Une nouvelle technique de nivellement, sans extraction de matériaux, appelée "dragage par injection d'eau" ou jetsed, a été expérimentée par le Port, en août 2006. En phase de jusant, la couche supé-

FIGURE L1 E3 - 1

Reprise par la DAM du refoulement de la DAS



Sources : D'après C. Migniot/GIP Loire Estuaire

rieure de sédiments est déconsolidée avec de l'eau à haute pression, les sédiments remis en suspension sont ensuite déplacés par le courant.

Les volumes des dragages d'entretien sont comptabilisés à la densité 1,4 égale à 625 g/l en masse de matière sèche. Il s'agit d'une moyenne, les matériaux prélevés ayant une densité très variable comprise entre 1,15 et 1,6 au plus, soit un poids de matière sèche de 250 g/l à 1 000 g/l. Le Port étudie également la qualité des matériaux extraits, l'évolution des fonds, et procède à des suivis environnementaux.

L'indicateur a pour objectif de suivre les quantités de matériaux dragués dans l'estuaire et exportés à la Lambarde, lors des dragages d'entretien. Ces dragages sont conditionnés par l'intensité de la sédimentation liée à l'hydrody-

namisme du fleuve, la capacité des engins dont dispose le Port et son activité commerciale. L'indicateur couvre la période 1984 à 2006 et se compose du suivi :

- des quantités de matériaux dragués, annuellement, selon leur localisation et l'hydraulicité du fleuve, puis mensuellement à partir de 1996, selon les débits ;
- de l'évolution de la cote de référence pour la navigation par rapport aux volumes dragués dans les chenaux maritime et aval ;
- de la modification des techniques de dragages employées.

Interprétation

Des volumes dragués surtout en aval

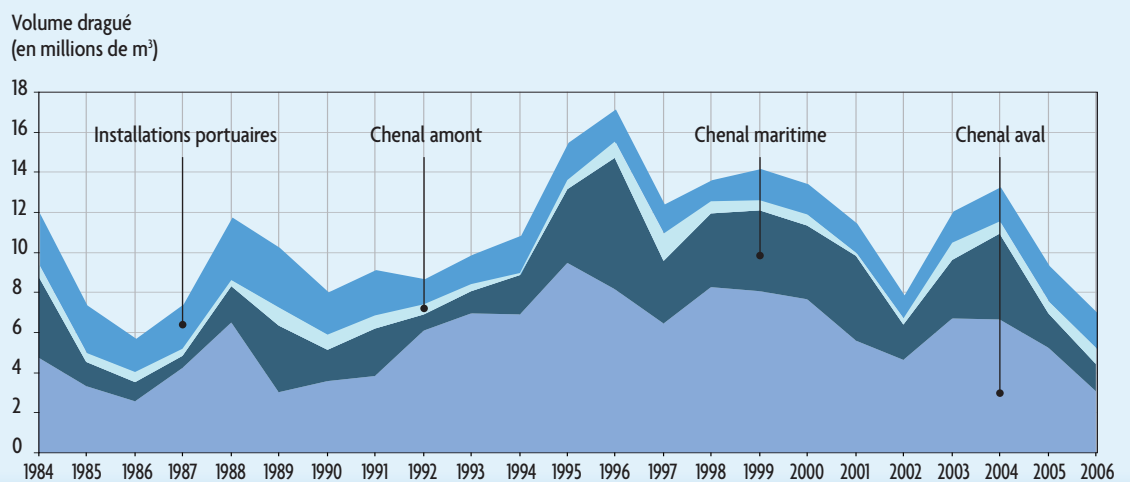
Deux périodes se remarquent : le volume total dragué augmente de 6 millions de m³ (Mm³) en 1986 à plus de 17 Mm³ en 1996, année où il est à son maximum. Depuis 10 ans, une inversion de la tendance est observée, avec environ 7 Mm³ en 2006.

Le dragage est prépondérant dans les chenaux maritime et aval, où il représente en moyenne, autour de 90% des volumes dragués dans le chenal et pour

les accès aux installations portuaires, la plupart des postes étant implantés à l'aval. L'approfondissement du chenal aval à -12,85 m CM, achevé en 1986, a engendré une diminution des vitesses des courants conduisant à une importante sédimentation sur les sections correspondantes, pouvant atteindre en volume moyen annuel 4 à 5 Mm³, soit 2,5 à 3 millions de tonnes (Mt) par an.

GRAPHIQUE L1 E3 - 1

Cumul des dragages d'entretien annuels par zone de 1984 à 2006



Sources : PANSN/GIP Loire Estuaire

Le stock de vase qui s'accumule dans l'estuaire, se dépose ou est remis en suspension, selon les conditions hydrauliques (marée - débit). Cependant, **toutes les sections ne présentent pas la même sensibilité à la sédimentation pour un débit donné.** Par exemple : il y a un "auto entretien" des sections 5 et 6 du chenal aval, pour des débits inférieurs à 300 et 400 m³/s pour la section 4 du chenal maritime. Au-delà, l'augmentation de la sédimentation avec le débit est extrêmement marquée dans cette zone.

Le chenal amont "s'auto entretient" en grande partie, notamment en période hivernale, quand

la sédimentation est limitée par l'intensité des courants. Le dragage du chenal amont représente, en moyenne, depuis 1984, moins de 10% des volumes dragués sur tout le chenal, et environ 5% de l'ensemble des dragages - en incluant souilles et accès portuaires - l'essentiel de ces opérations se concentrant sur la zone d'évitage de Trentemoult. C'est dans ce secteur, les souilles de Nantes et la zone des riddens (Belle Ile et Baracons), que le Port expérimente l'injection d'eau - plus de 650 000 m³ en 2006 - pour diminuer les volumes dragués du chenal amont.

Des dragages surtout dans les périodes de forts débits

Quand le débit du fleuve est élevé, il transporte davantage de sédiments. En général, les apports sont plus conséquents de novembre à avril (débits plus forts) que de mars à novembre. Ce phénomène est accentué lors des crues du printemps, mobilisant les sédiments fins du bassin versant.

Les différences interannuelles des volumes dragués reflètent en grande partie l'hydraulicité de la Loire, mais dépendent également de la capacité de dragage. L'hydraulicité est la moyenne des débits de l'année divisée par le module, le module étant la moyenne des moyennes annuelles des débits, soit 850 m³/s.

Ainsi, d'importants volumes dragués alors que

l'hydraulicité est faible, s'expliquent par le retard pris sur les dragages :

- suite à des périodes antérieures de forte hydraulicité, par exemple, les nombreuses crues des années 1994 et 1995 ont entraîné l'intervention de DAM extérieures les trois années suivantes ;
- dus à des problèmes de disponibilité des dragues, tel le neufrage (rodage) de la Samuel de Champlain au printemps 2004, et surtout de mi-septembre 2004 à fin janvier 2005, requérant l'emploi d'une drague extérieure de 8 100 m³, pour la suppléer de juillet à décembre 2004. De même, l'arrêt technique systématique des DAM, en juillet, réduit les volumes dragués au-delà de l'effet saisonnier.

GRAPHIQUE L1 E3 - 2

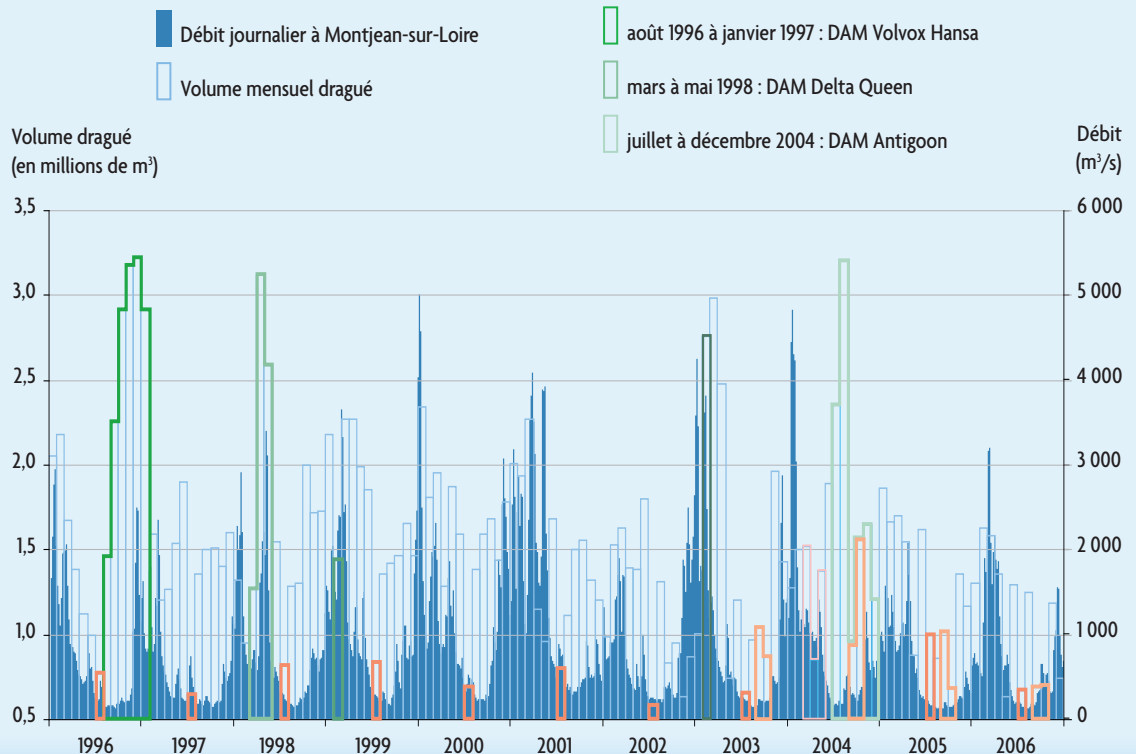
Evolution du volume mensuel dragué et du débit journalier de 1996 à 2007

Diminution des capacités de dragage :

- juillet : arrêt technique systématique des DAM
- septembre/octobre : affectation de la Samuel de Champlain à d'autres ports
- printemps 2004 : neufrage de la Samuel de Champlain

Augmentation des capacités de dragage :

- dont mise en service :
- février 1999 : remplacement de la DAM René Gibert (2 200 m³) par la DAM Vlaanderen (5 100 m³)
 - janvier 2003 : remplacement de la DAM Vlaanderen par la DAM Samuel de Champlain
- dont intervention de dragues en renfort :
- août 1996 à janvier 1997 : DAM Volvox Hansa
 - mars à mai 1998 : DAM Delta Queen
 - juillet à décembre 2004 : DAM Antigoon

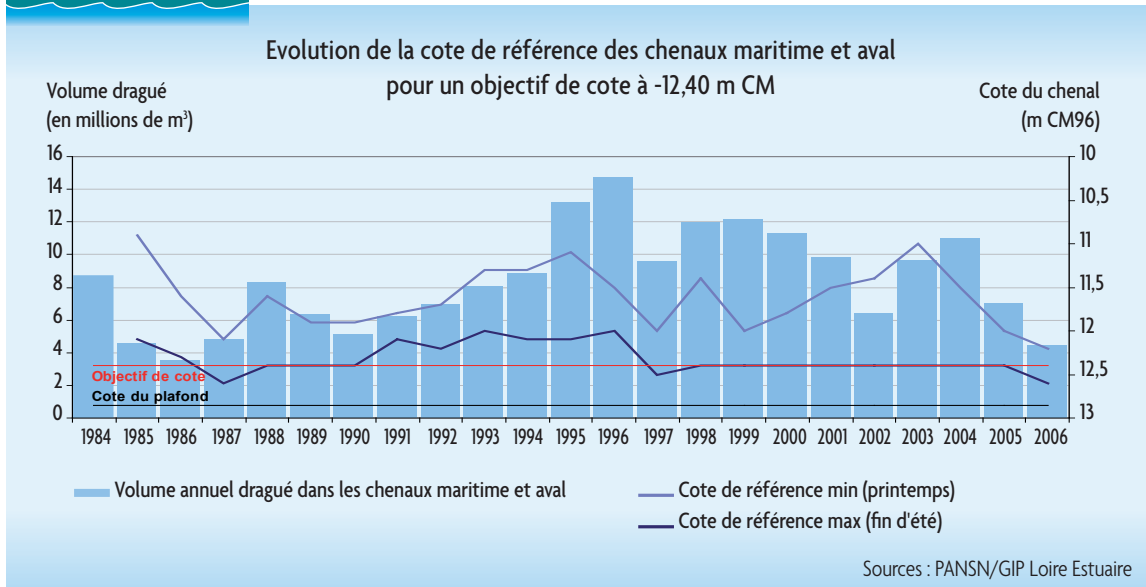


Sources : PANSN/Banque Hydro/GIP Loire Estuaire

Des interventions dépendantes de la cote de référence

Les volumes dragués dépendent également des besoins du PANSN pour l'accueil des navires et en particulier des **évolutions de la cote de référence pour la navigation**. Cette cote est établie mensuellement en fonction de la conjonction

de la sédimentation et des moyens de dragage mobilisables. L'objectif de tenue d'une cote de référence de -12,40 m CM dans le chenal aval reste difficile à atteindre, surtout au printemps (au passage des crues).



De 1988, année de forte hydraulité avec six crues importantes comprises entre 2 000 et 5 400 m³/s, à 1996, la cote de référence s'est éloignée de l'objectif de -12,40 m CM par insuffisance de moyens de dragage, malgré le renfort de dragues "extérieures" (1996-1998).

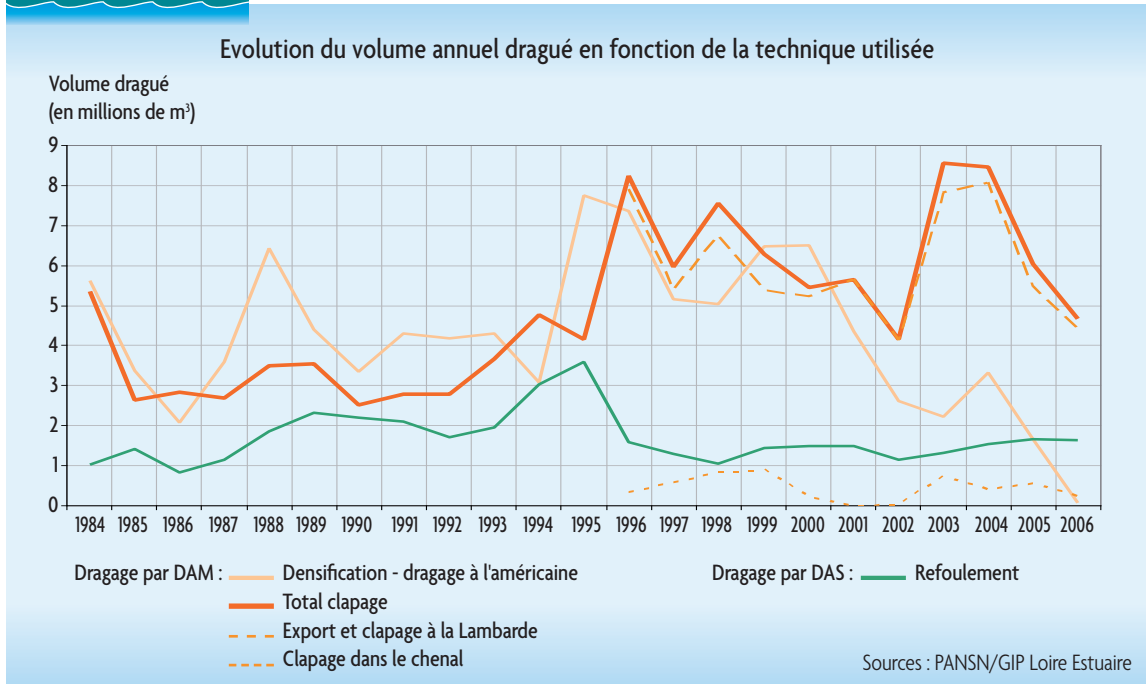
En revanche, la cote de référence de fin d'été s'est stabilisée entre 1997 et 2005.

En 2006, la cote de référence a atteint -12,20 m au printemps, -12,60 m en été, dépassant l'objectif de cote et se rapprochant de la cote du plafond. Ce résultat est dû à la conjonction d'une hydraulité moindre, d'une pleine capacité des moyens de dragage et à la réduction puis l'arrêt de la surverse de densification.

Des techniques de dragages qui évoluent

Les techniques utilisées aujourd'hui privilégient le clapage avec exportation de sédiments. **Le dragage à l'américaine est exceptionnel**, il s'ef-

fectue en cas d'urgence, notamment lorsque la situation météorologique ne permet pas d'accéder à la Lambarde.



La surverse de densification, à laquelle la DAM procédait jusqu'en 2005, disparaît. Cette pratique consiste à évacuer au fil de l'eau, une mixture

moins dense que le matériau en puits. Les densités des sédiments dans la drague augmentent ainsi, en moyenne, de 1,25 à 1,30 (de 380

à 460 g/l, en masse de matière sèche) pour en transporter davantage à la fois. Le matériau purement vaseux rend difficile cette densification qui est alors rapidement stoppée.

Le dragage à l'américaine et la surverse de densification, qui misent sur la capacité des courants à évacuer le sédiment remis en suspension dans l'eau, ont été largement utilisés par le passé lors des années de forte hydraulité du fleuve, notamment en 1988 (1 400 m³/s) et 1995 (1 350 m³/s), et du fait de la capacité de transport insuffisante de la DAM alors en service, la René Gibert.

Le dragage par DAS a plus que triplé de 1984 à 1995, passant de 1 à 3,6 Mm³. Depuis l'arrêt de la seconde DAS M. Lechallas en 1996 - après quatre ans de service - il n'excède pas 1,7 Mm³.

Le clapage représente en moyenne annuelle, entre 1984 et 1995, plus de 3 Mm³. Ce chiffre a presque doublé dans les années suivantes. Cette moyenne annuelle recouvre des clapages irréguliers : au minimum 2,5 Mm³ en 1990, et au maximum 8,6 Mm³ en 2003.

Depuis dix ans, pas plus de 8% du total des clapages annuels ont été déposés dans les fosses de Grand Pont et de Port-Lavigne : **la majeure partie des sédiments est immergée à la Lambarde.**

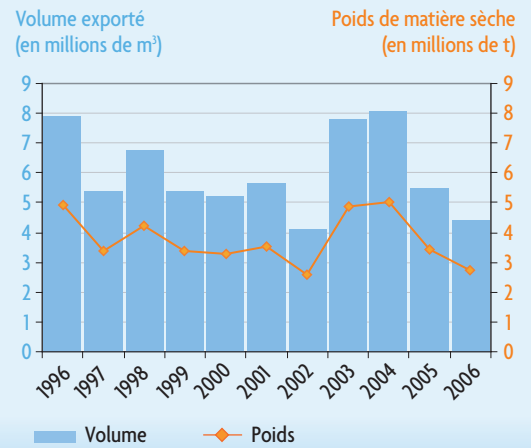
Les impacts des dragages

Les opérations de dragages à l'américaine et de surverse de densification par DAM augmentent également les turbidités. Mais cette dernière technique n'est plus utilisée.

Les opérations de dragages par DAS sont la source des impacts directs les plus importants sur la turbidité. Si la DAS fonctionne à 4 000 m³/h, pendant

GRAPHIQUE L1 E3 - 5

Quantités de sédiments exportés à la Lambarde (1996-2006)



Sources : PANSN/GIP Loire Estuaire

La quantité de sédiments exportée hors de l'estuaire a varié depuis 1996, avec un minimum de 4 Mm³ en 2002 et près de 8 Mm³ en 2004 (due au rattrapage des avaries printanières de dragues). Depuis ce pic, les quantités de matériaux exportés à la Lambarde sont en diminution avec près de 4,5 Mm³ en 2006, soit 3 Mt.

20 heures par jour, les débits solides journaliers rejetés peuvent représenter à Nantes en mortes eaux à l'étiage, l'équivalent du flux naturel, en considérant que l'ensemble de ce qui est refoulé reste en suspension. Il n'a cependant pas été possible de déterminer la part de ce qui reste en suspension et de ce qui se dépose.

TABLEAU L1 E3 - 2

Rejet par DAS (densité 1,1 soit 165 g/l) et flux naturels de matières en suspension

			Saint-Nazaire	Donges	Nantes à l'étiage
Matières en suspension	Mortes eaux coefficient 45	Flux naturel (t/jour)	21 000	34 000	12 000
		Pourcentage représenté par rejet DAS	63 %	39 %	110 %
	Vives eaux coefficient 106	Flux naturel (t/jour)	173 000	320 000	35 000
		Pourcentage représenté par rejet DAS	8 %	4 %	38 %

Sources : SOGREAH/PANSN/GIP Loire Estuaire

L'impact sur la dynamique estuarienne générale reste à préciser. Toutefois, connaître les quantités draguées par zone, contribue à la compréhension de la dynamique de dépôt dans l'estuaire et connaître les volumes dragués exportés hors de l'estuaire est un élément indispensable à l'établissement du bilan sédimentaire.

Les incidences sur la bathymétrie sont suivies

sur les trois zones de clapage :

- plus des trois-quarts des volumes rejetés à la Lambarde, sont repris par les vagues et les courants, puis dispersés ;
- dans les fosses de Grand Pont et de Port-Lavigne, une grande stabilité des fonds est observée, les matériaux déposés étant repris par les courants.

La qualité des sédiments dragués

Le Groupe d'Etudes et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement (GEODE) a défini les teneurs maximales en micropolluants organiques et métaux lourds - en tenant compte du bruit de fond géologique - dans les sédiments dragués. Ces niveaux ont été officialisés par l'arrêt du 14 juin 2000. Selon le niveau mesuré, la réglementation (circulaire n°2000-62) sur les opérations de dragages diffère.

Quatre campagnes de carottage ont été effectuées

dans le chenal et les souilles, en 1999, 2000, 2001 et 2004. Au cours des deux dernières campagnes, les analyses ont été étendues aux accès du port de Saint-Nazaire et aux zones d'évitage aval. Elles montrent une stabilité de la contamination chimique. L'analyse de toxicité réalisée à l'aide de la démarche Géodrisk, mise au point par IFREMER et GEODE, indique que les sédiments dragués possèdent une nocivité faible et sont donc aptes à l'immersion.

Informations complémentaires

Les derniers grands travaux d'aménagement portuaire dans l'estuaire datent de 1976-81 avec un complément en 1985-86. Ils ont consisté à approfondir et élargir les chenaux externe et de Donges pour la desserte des terminaux méthanier, pétroliers et charbonnier.

Lors de ces travaux d'approfondissement, environ 65 Mm³ ont été dragués dont :

- 22 Mm³ refoulés sur les zones industrielles ;
- 8,4 Mm³ déposés sur le banc de Bilho ;
- 5,6 Mm³ déposés dans l'ancien chenal de Bonne-Anse ;
- et 29 Mm³ clapés à la Lambarde.

Les travaux d'approfondissement ont permis d'abaisser la cote du plafond en CM 96 :

- du chenal externe, de -10,10 m à -13,70 m entre 1976 et 1986 ;
- du chenal jusqu'à Montoir, de -9,60 m à -12,85 m entre 1976 et 1981 ;
- et du chenal d'accès à Donges, à -12,25 m en 1981, puis à -12,85 m en 1986.

Sources & Méthodes

Les données des volumes dragués proviennent du **Service Accès Nautiques du Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire**.

L'évaluation des quantités draguées, différenciées suivant le type de drague (DAM/DAS) et la technique mise en œuvre, est une opération complexe. La DAM quantifie, en temps réel, les volumes et les masses de sédiments dragués et clapés, à partir de l'enfoncement du navire par une relation entre le tirant d'eau et le poids de la drague chargée. La

capacité du puits de la drague étant connue, il est possible de calculer la densité moyenne du chargement et donc la masse sèche de sédiments contenus.

Nombre d'informations de la fiche sont également issues du rapport de C. Migniot, *Bilan de l'hydrologie et de l'hydrosédimentaire de l'estuaire de la Loire au cours des deux dernières décennies* (1993), édité par l'Association pour la Protection de l'Environnement de l'Estuaire de la Loire.

Des références

Deux dossiers ont été réalisés pour le PANSN :

- Demande d'autorisation d'immersion de déblais de dragage. Site de la Lambarde, en 2001,
- Etude d'incidence des dragages d'entretien du Port Autonome de Nantes Saint-Nazaire, en 2005.

Parmi les *Rapports de synthèse de l'APEEL (1984-1994)*, le volume I de Claude Migniot et Pierre Le Hir, est consacré à l'hydrosédimentaire.

Enfin, *Dragages et environnement marin*, par Claude Alzieu, (1999) aux éditions IFREMER.