

Systeme d'observation



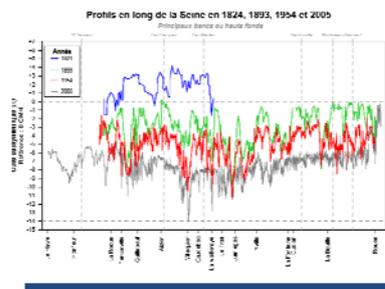
Compilation des profils
bathymétriques de la
Seine (*transversaux et longitu-
dinaux*), de 1824 à 2005



Y. Lavarelo



Y. Lavarelo



Septembre 2008

Seine-Aval
GROUPEMENT D'INTÉRÊT PUBLIC

GIP Seine-Aval
12 avenue Aristide Briand
76000 Rouen

tel : 02 35 08 37 64
fax : 02 35 98 03 93
<http://www.seine-aval.fr>

Présentation

Le système d'observation de l'estuaire de la Seine inclut un ensemble d'outil et de thématiques permettant d'en évaluer l'état de santé et l'évolution. Son premier axe concerne les contextes climatique, morphologique et hydrosédimentaire propres à l'estuaire de la Seine. En effet, s'intéresser aux paramètres physiques qui sont à la base de son fonctionnement constitue un point essentiel de la compréhension de ce système et apporte les premiers éléments d'appréciation de l'évolution de ce territoire.

Ce document établit une compilation des profils bathymétriques de la Seine (transversaux et longitudinaux), de 1824 à 2005.

Objectif

Les profils longitudinaux et transversaux permettent de visualiser graphiquement l'évolution bathymétrique d'un cours d'eau : du thalweg pour l'un et de la section du chenal pour l'autre ; par report des côtes selon un transect.

Une étude temporelle de ces profils permet d'observer si un cours d'eau est en phase d'approfondissement ou de comblement ou, lorsque les pressions anthropiques sont importantes, l'impact qu'ont ces dernières sur la morphologie du système.

Méthodologie

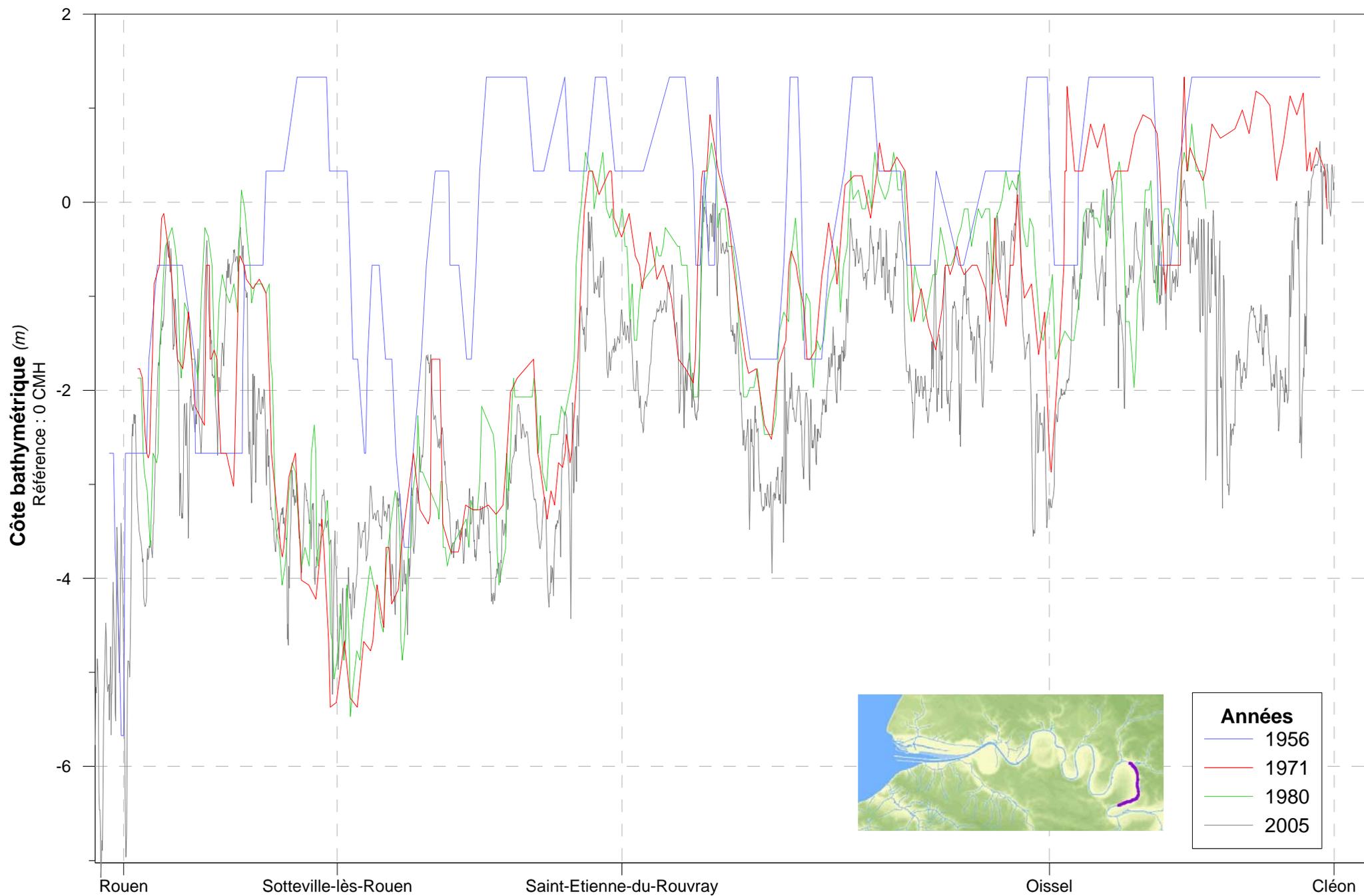
Les différents profils ont été construits à partir de cartes bathymétriques de la Seine. Leur localisation, répartie régulièrement le long de la Seine, a également été choisie par la présence d'une structure morphologique particulière (banc, fosse, île, ...). Ces mêmes localisations ont été conservées pour toutes les cartes utilisées aux différentes périodes historiques afin de pouvoir les comparer ultérieurement.

Une fois la localisation du profil définie, chaque côte bathymétrique a été relevée en allant de la rive gauche vers la rive droite pour les profils transversaux et d'amont en aval pour les profils longitudinaux. Ces côtes ont ensuite été reportées sur un graphique en respectant les distances entre chaque point. Pour les données les plus anciennes, le plan de référence bathymétrique (0 CMH) a évolué par rapport à la référence actuelle. Ainsi, toutes les données ont été calées sur le 0 CMH actuel (à 4.38 m du 0 NGF).

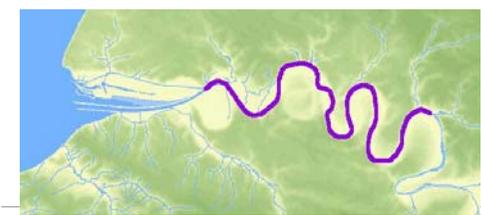
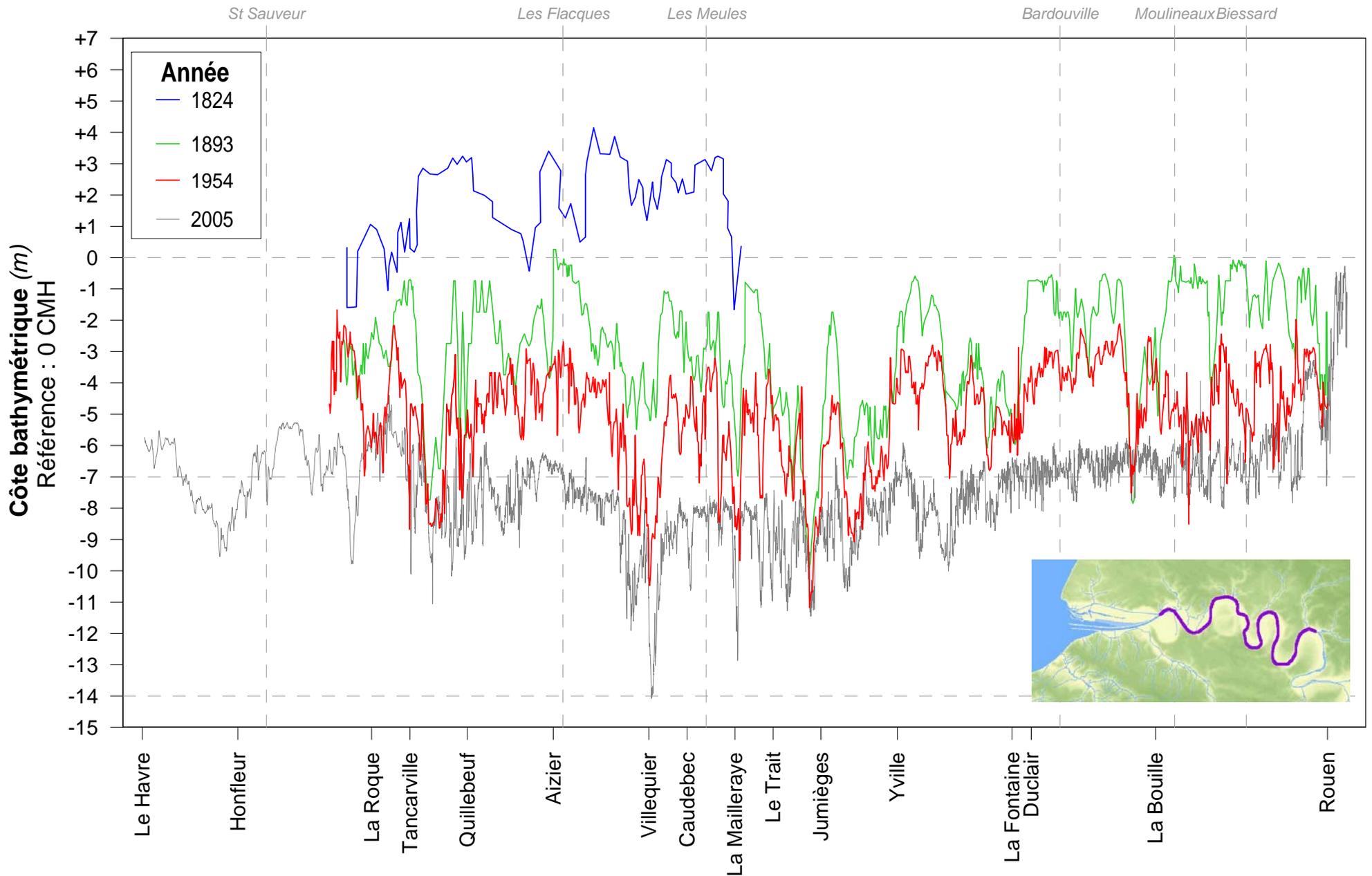
Source des données

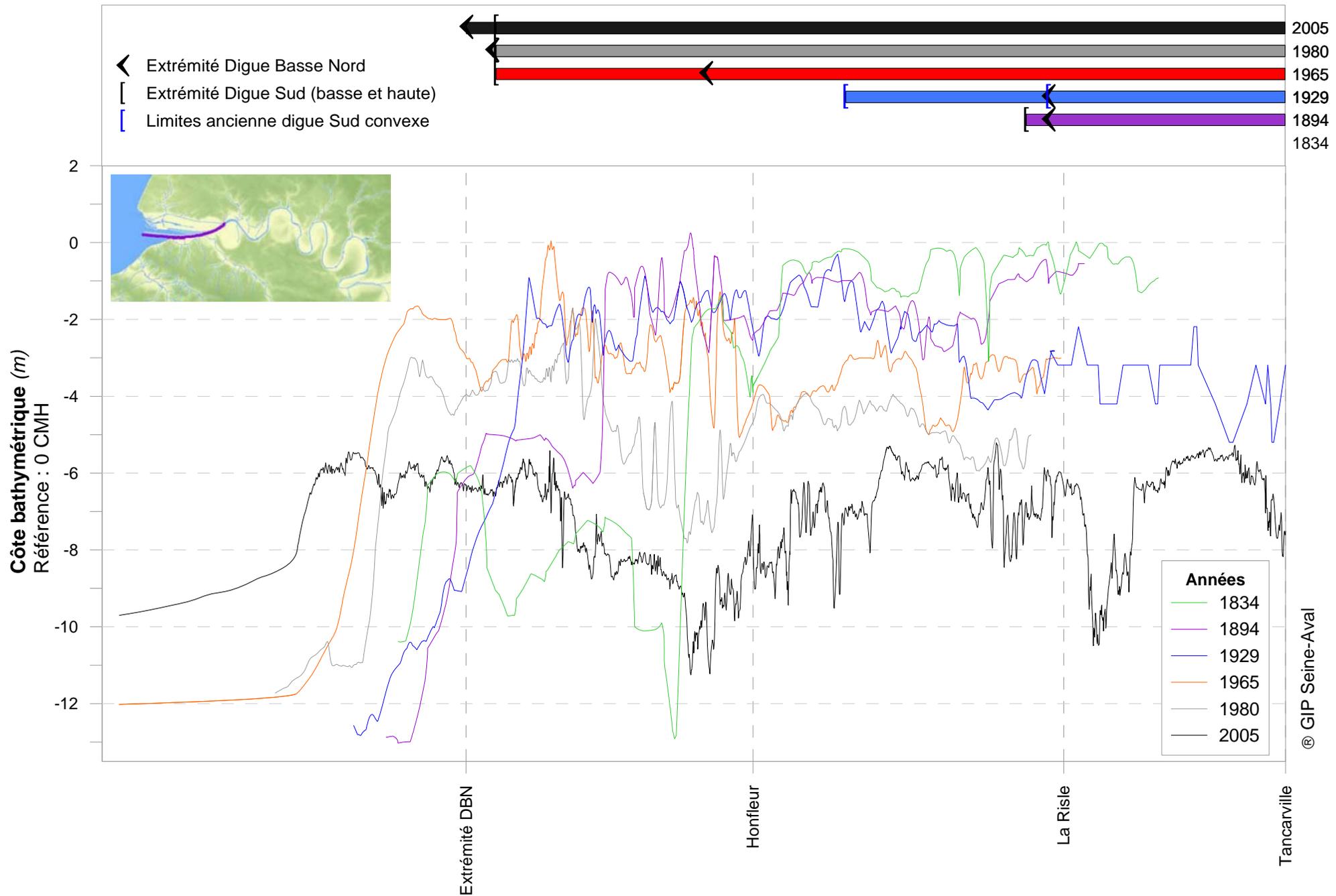
Les données concernant l'estuaire aval sont de deux origines différentes : du SHOM ou du PAR pour les plus récentes.

Toutes les données concernant l'estuaire moyen et amont sont issues de cartes bathymétriques au 1/5000 ou 1/10000, relevées par le PAR dans le cadre du suivi bathymétrique du chenal ou de projet d'aménagement.

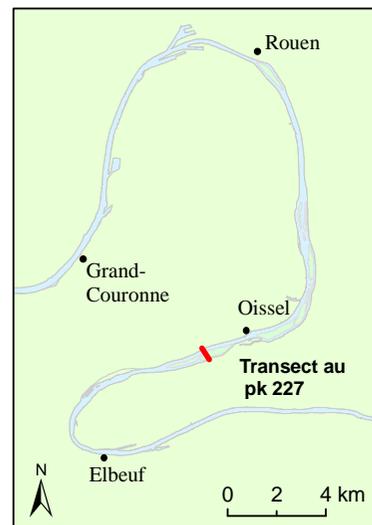
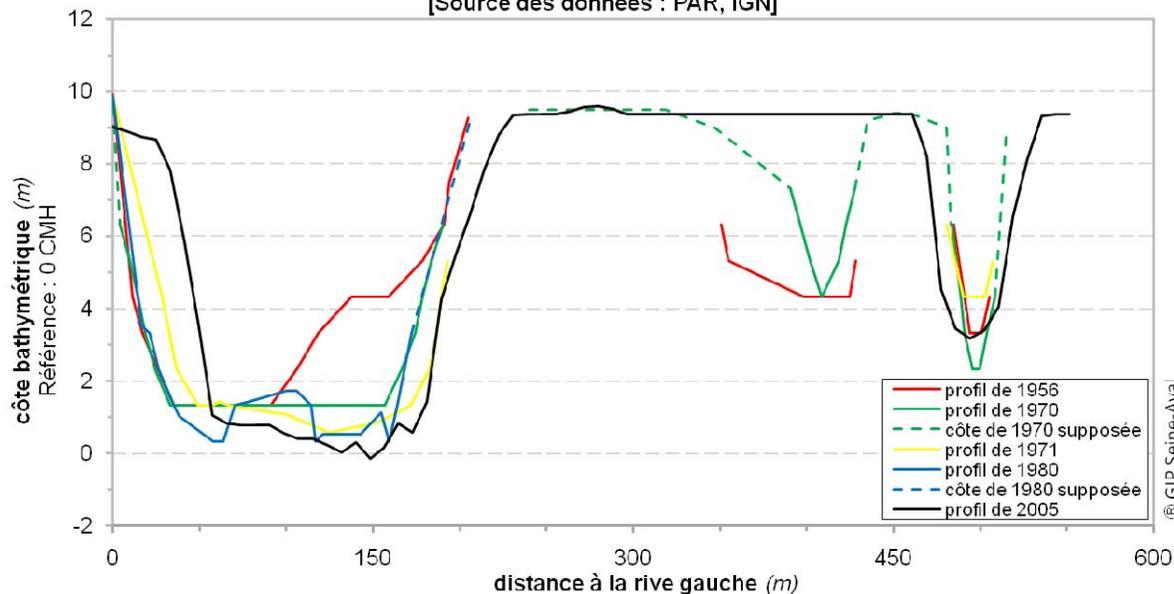


Principaux bancs ou hauts fonds





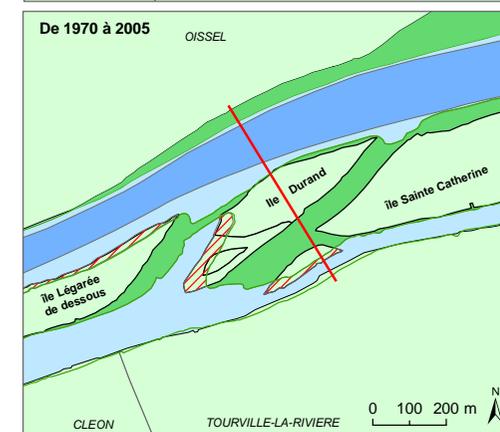
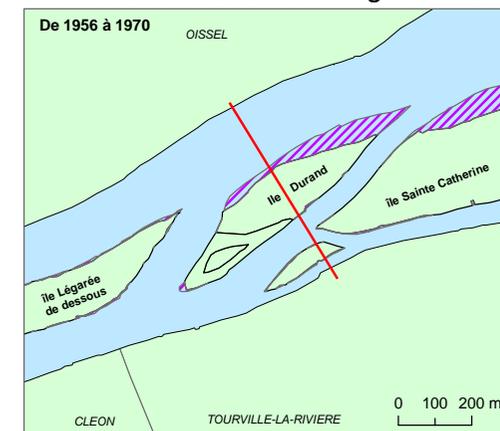
Profils transversaux de la Seine au PK 227
[Source des données : PAR, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750



- Transect au PK 227
- ▨ Zones érodées ou draguées entre 1956 et 1970
- ▭ Limites de berges et îles présentes en 1970
- ▨ Zones érodées ou draguées entre 1970 et 2005
- Zones de dépôt ou comblées volontairement entre 1970 et 2005
- Zone draguée en 1980 (en moyenne de 0.9 m de profondeur)

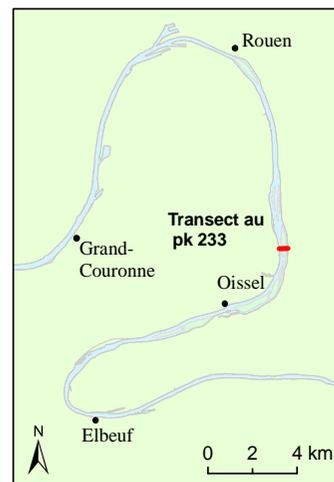
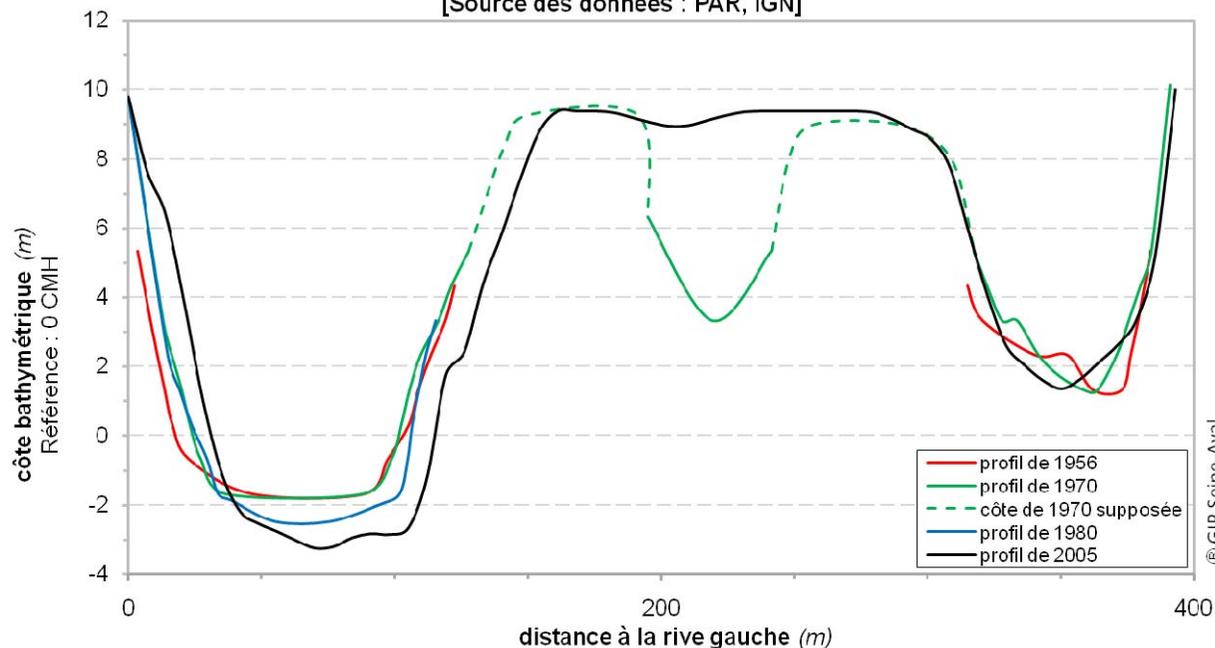
(source : PAR)

Dans le secteur amont de Rouen et en comparaison au secteur en aval, le lit de la Seine est relativement stable et de plus faible profondeur. Le secteur où a été effectué le transect était un point important pour le halage au 19^{ème} siècle : les hommes ainsi que les chevaux traversaient la Seine de la rive gauche vers rive droite via les îles pour rejoindre un chemin de halage utilisable. A cette époque et ce jusqu'au 20^{ème} siècle, les bateaux naviguant entre Rouen et Poses étaient de petite envergure n'excédant pas 1.5 à 2.5 m de tirant d'eau selon le débit de la Seine et les conditions de marée. Les obstacles se situaient plus au niveau des barrages et écluses. De ce fait, le lit de la Seine a été peu aménagé jusque dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle. Entre Elbeuf et Rouen (pK 219-239), les grands travaux « d'amélioration de la Seine » effectués à partir de 1944 avaient pour objectif d'une part, de garantir un tirant d'eau de 3 m en toutes circonstances et d'autre part de limiter les perturbations hydrauliques engendrées dans le chenal principal par les îles et les bras (dossiers projet, PAR).

Dans ce cadre, la 1^{ère} phase des travaux consistait en l'arasement partiel des îles Durand et Sainte Catherine entre 1956 et 1970 (tirets violet sur la carte). A la fin des années 1970, entre l'île Légarée du dessous et l'île Durand, une digue avec une brèche a été mise en place (correspondant à la zone comblée parallèle à la rive en vert foncé sur la figure), le bras secondaire situé entre l'île Durand et l'île Sainte Catherine a été fermé puis comblé avec les sédiments de dragage extraits du chenal principal, longeant la rive gauche dans les années 1980 (approfondissement en moyenne de 0.9 m entre les Pk 224.5 et 228). Puis, diverses îles ont été partiellement arasées (tirets rouge sur la carte). Enfin, la section du lit de la Seine a été réduite après 1980, au niveau de Oissel à l'aide d'une digue en rive gauche (cartes PAR 1970/1980). La zone comblée en arrière de celle-ci, gagnée sur le fleuve, a permis un développement urbain.

Actuellement, les dragages d'entretien sont effectués sous l'autorité des Voies Navigables de France, de l'ordre de 5000 à 10000 m³ par an (voir 15000 en cas d'importante crue tel que ce fut le cas en 2001) (Leroi, 2004). Le tirant d'eau admissible est à l'heure actuelle de 4 m pour toutes les conditions de débit et de marée.

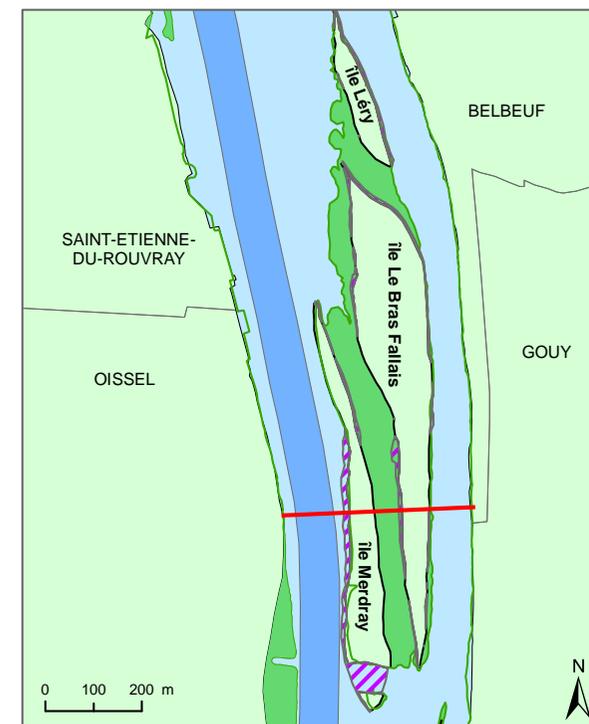
Profils en travers de la Seine au Pk 233
[Source des données : PAR, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750



- Transect au Pk 233
- ▨ Zones érodées ou draguées entre 1956 et 1970
- ▭ Limites de berges et îles présentes en 1970
- ▭ Zones de dépôt ou comblées volontairement entre 1970 et 2005
- ▭ Zone draguée en 1980 (en moyenne de 0.7 m de profondeur)

(source : PAR)

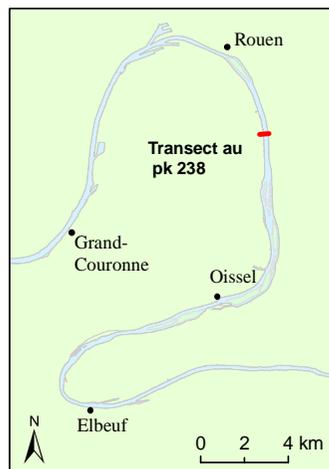
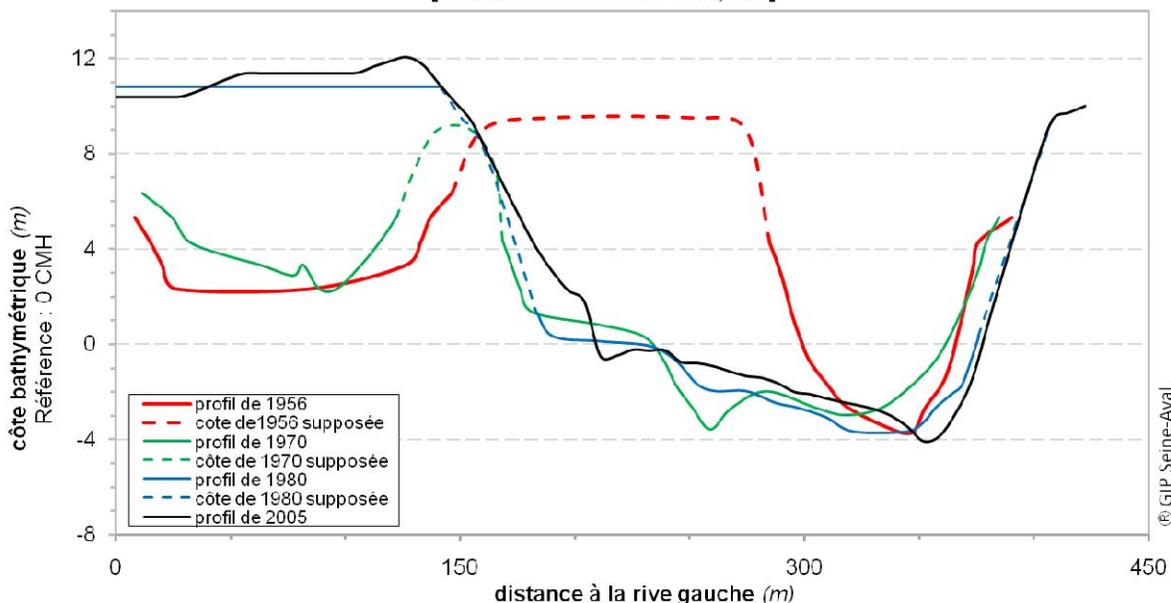
Dans le secteur amont de Rouen et en comparaison au secteur en aval, le lit de la Seine est relativement stable et de plus faible profondeur. A cette époque et ce jusqu'au 20^{ème} siècle, les bateaux navigant entre Rouen et Poses étaient de petite envergure n'excédant pas 1.5 à 2.5 m de tirant d'eau selon le débit de la Seine et les conditions de marée. Les obstacles se situaient plus au niveau des barrages et écluses. De ce fait, le lit de la Seine a été peu aménagé jusque dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle.

Entre Elbeuf et Rouen (pK 219-239), les grands travaux « d'amélioration de la Seine » effectués à partir de 1944 avaient pour objectif d'une part, de garantir un tirant d'eau de 3 m en toutes circonstances et d'autre part de limiter les perturbations hydrauliques engendrées dans le chenal principal par les îles et les bras (dossiers projet, PAR).

Dans ce cadre, les trois îles Merdray, Le Bras Fallais et Léry ont été fusionnées par comblement des bras (par dépôt de sédiments de dragage et par le processus naturel de sédimentation) pour ne former qu'une seule et unique île nommée Le Bras Fallais dans les années 1980. Parallèlement, la rive gauche a été endiguée et des dragages d'approfondissement ont été effectués au niveau du chenal principal, longeant la rive gauche (approfondissement en moyenne de 0.7 m entre les Pk 231 à 235).

Actuellement, les dragages d'entretien sont effectués sous l'autorité des Voies Navigables de France, de l'ordre de 5000 à 10000 m³ / an (voir 15000 en cas d'importante crue tel que ce fut le cas en 2001) (Leroi, 2004). Le tirant d'eau admissible est à l'heure actuelle de 4 m pour toutes les conditions de débit et de marée.

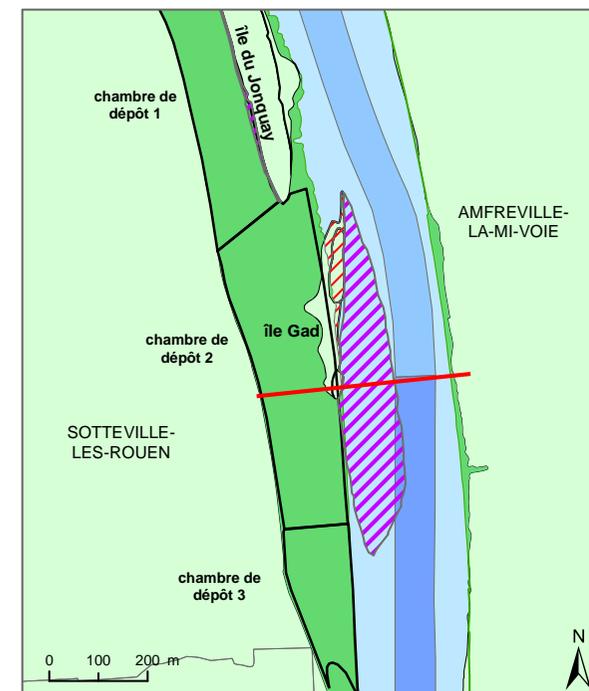
Profils en travers de la Seine au PK 238
[Source des données : PAR, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750



- Transect au Pk 238
- ▨ Zones érodées ou draguées entre 1956 et 1970
- ▭ Limites de berges et îles présentes en 1970
- ▭ Zones de dépôt ou comblées volontairement entre 1970 et 2005
- ▨ Zones érodées ou draguées entre 1970 et 2005
- ▭ Zone draguée en 1980 (en moyenne de 0.5 m de profondeur)
- ▭ Zone draguée en 1980 (en moyenne de 0.6 m de profondeur)
- ▭ Chambre de dépôt de sédiments de dragage

(source : PAR)

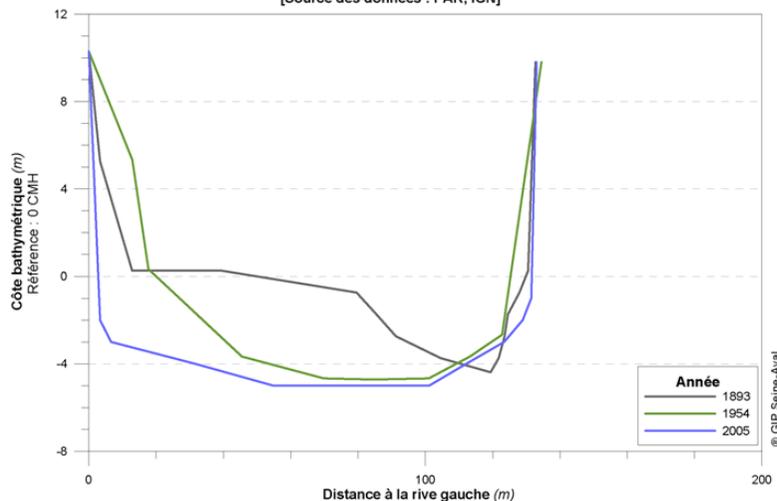
Dans le secteur amont de Rouen et en comparaison au secteur en aval, le lit de la Seine est relativement stable et de plus faible profondeur. Le lit de la Seine a été peu aménagé jusque dans la seconde moitié du 20^{ème} siècle où des travaux « d'amélioration de la Seine » ont été engagés. Entre Elbeuf et Rouen (pK 219-239), ces grands travaux effectués à partir de 1944 avaient pour objectif d'une part, de garantir un tirant d'eau de 3 m en toutes circonstances et d'autre part de limiter les perturbations hydrauliques engendrées dans le chenal principal par les îles et les bras (dossiers projet, PAR).

La zone où a été effectué le transect a connu beaucoup de changements suite aux aménagements notamment en rive gauche. Tout d'abord, l'île Gad a été totalement arasée entre 1956 et 1970 (suivant son premier tracé en violet sur la figure de droite). Sur les cartes de 1970, cette île apparaît selon le tracé vert de la carte. Celle-ci a été ensuite arasée partiellement à deux reprises : dans les années 1970 (représentant environ la moitié de la zone en tiret rouge) puis le restant dans les années 1980. Parallèlement, le bras situé entre la rive gauche et l'île du Jonquay a été fermé à l'aide de digues en 1968 puis a été utilisé comme chambre de dépôt des sédiments de dragage (chambre de dépôt 1) suivie des chambres n°2 et 3 qui ont été faites dans la foulée. Une fois les chambres de dépôt comblées et les îles rattachées à la berge par des digues, une plateforme s'est ainsi formée située à 10.93 m par rapport au 0 CMH en 1980. Sur celle-ci a été en partie développée la zone industrielle du Jonquay de Sotteville (dossiers et cartes PAR).

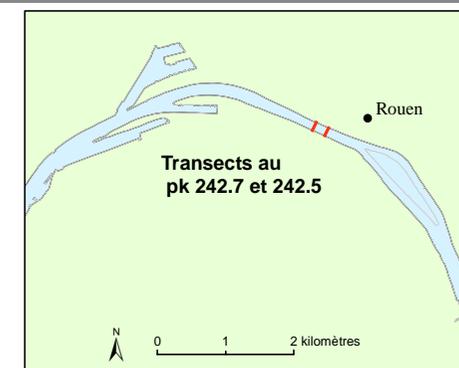
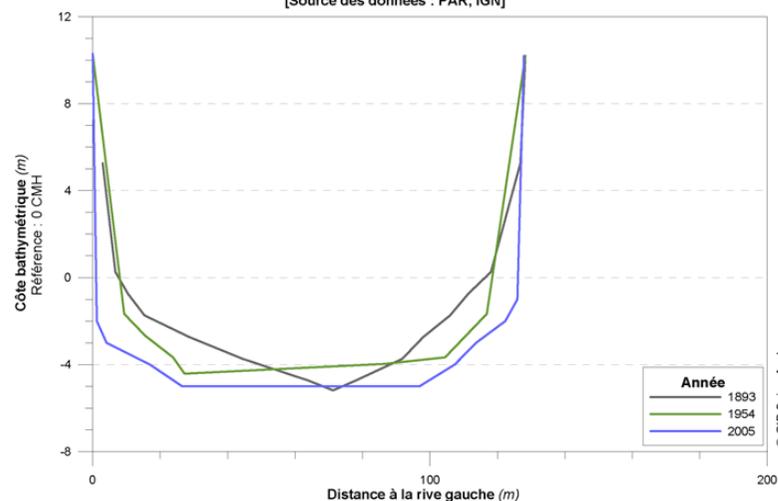
Dans les années 1980, des opérations de dragage ont également été menées dans le chenal de navigation s'élevant en moyenne à 0.6 m de profondeur entre les pk 235 et 238 et de 0.5 m entre les pk 238 et 241 (carte PAR 1980) et la rive droite a été endiguée.

Actuellement, les dragages d'entretien sont effectués sous l'autorité des Voies Navigables de France, de l'ordre de 5000 à 10000 m³ / an (voir 15000 en cas d'importante crue tel que ce fut le cas en 2001) (Leroi, 2004). Le tirant d'eau admissible est à l'heure actuelle de 4 m pour toutes les conditions de débit et de marée.

Profils en travers de la Seine au Pk 242.5
[Source des données : PAR, IGN]



Profils en travers de la Seine au Pk 242.7
[Source des données : PAR, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Rouen



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Rouen (source : PAR)



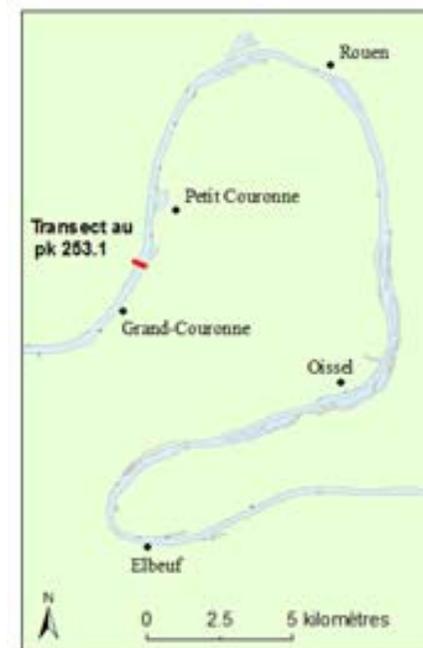
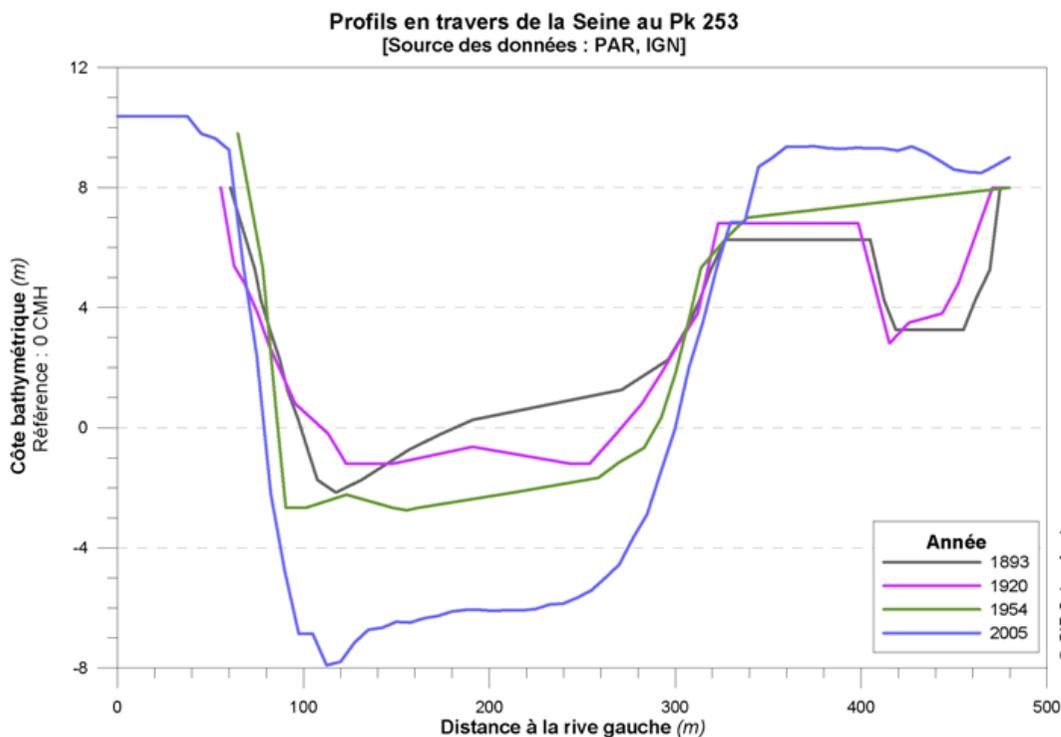
Extrait de la carte de 1954 du secteur de Rouen (source : PAR)

Le port de Rouen, plaque tournante du commerce intérieur et international, existe depuis plusieurs siècles. Au fil du temps, il s'est développé afin de maintenir une activité portuaire suffisante et ceci grâce aux différents aménagements effectués tout le long de la Seine. Sur la période prise en compte, le lit de la Seine est resté relativement stable au niveau des ponts de Rouen, ainsi, les profils transversaux ont peu évolué au cours de ce dernier siècle.

Ces deux transects ont été effectués juste en amont de la zone d'accueil des grands navires. Dans cette zone circulent des bateaux de plus petits gabarits (péniches, bateaux de plaisance, ...). Les impacts liés aux aménagements sont de plus grande ampleur en aval des transects. Les travaux autorisés entre autre par le décret de 1906 avaient pour objectif d'étendre le bassin maritime du port (qui, aujourd'hui, va du pont Guillaume Le Conquérant à La Bouille) (Reymondier, 1990). Ils ont consisté en :

- La suppression de bras secondaires (exemple de celui de l'île du Val de la Haie, transect au pK 253)
- Des rattachements d'îles qui a alors permis la mise en place du bassin au bois et de celui de Rouen-Quevilly,
- l'aménagement de la prairie Saint Gervais pour la construction des darses Babin et Barillon, ...

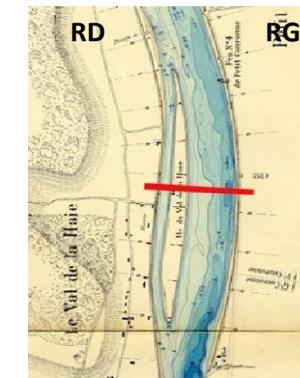
En terme de dragages d'entretien, ce sont plutôt les zones moins agitées d'un point de vue hydraulique tels que les bassins, les zones d'évitage, ... qui sont concernées (PAR, 2005).



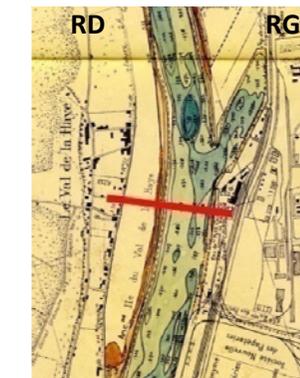
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur du Val de la Haye



Extrait de la carte de 1893 du secteur du Val de la Haye (source : PAR)



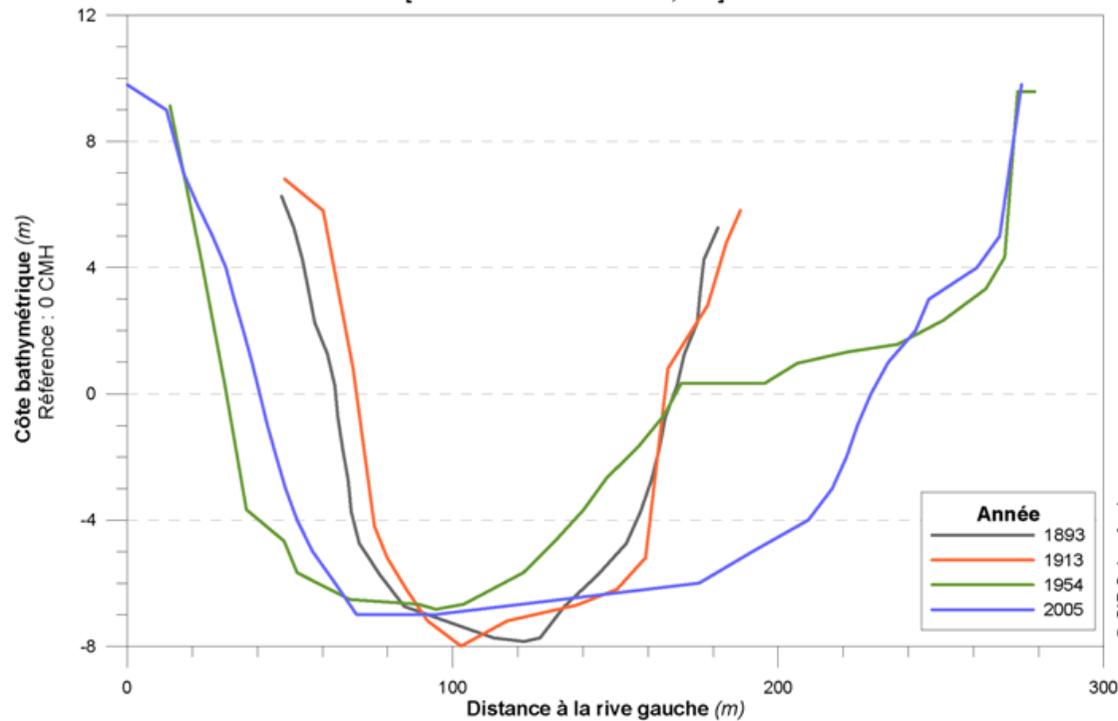
Extrait de la carte de 1954 du secteur du Val de la Haye (source : PAR)

De Rouen à Caudebec, le lit était naturellement fixe et régulier (comparé à l'embouchure), formé d'une succession de fosses et de seuils plus ou moins prononcés. Le chenal principal ne changeait pas de position au fil des marées et les profondeurs observées à pleine mer au niveau des fosses pouvaient atteindre 12 mètres sur de très grandes distances permettant d'accueillir de grands navires s'ils ne s'échouaient pas lors de leur passage de l'embouchure (*Lavoine, 1880*).

Les premiers travaux effectués dans le secteur du transect ont été des dragages du seuil de Biessard entre 1899 et 1903 (intégrant le chenal à hauteur de l'île). Les grands aménagements effectués au niveau de l'île du Val de la Haye faisaient partie intégrante des « travaux de régularisation des rives et d'approfondissement de la Seine » dans le cadre de la loi du 26 août 1913. En rive gauche, la berge a été endiguée en 1920. En 1925, une digue a été construite entre la pointe amont de l'île et la berge en rive droite, raccordant ainsi la digue de Biessard. Ce prolongement déconnectait partiellement le bras secondaire qui devenait alors un bras mort, laissé accessible par l'aval (*Reymondier, 1990*). Cette annexe s'était rapidement comblée. Actuellement, elle est en grande partie urbanisée.

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007). Parallèlement, des dragages liés à l'implantation d'activités industrielles le long de la Seine et des dragages d'entretien des accès du port, le fond du chenal s'est approfondi et maintenu pouvant accueillir des bateaux de plus de 10 m de tirant d'eau selon les conditions.

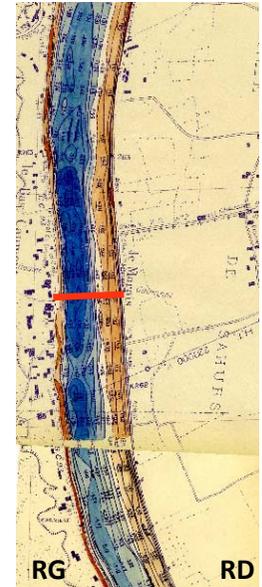
Profils en travers de la Seine au Pk 262.5
[Source des données : PAR, IGN]



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de La Bouille



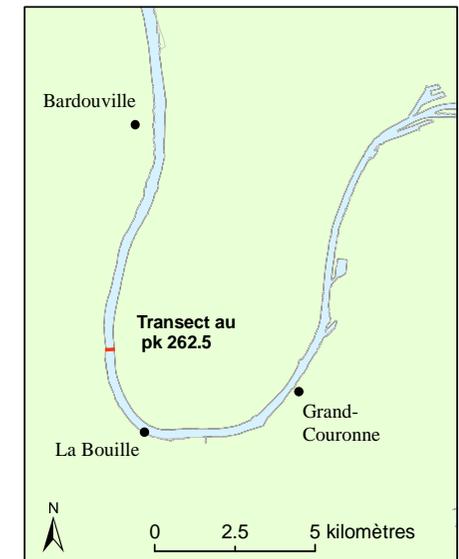
Extrait de la carte de 1893 du secteur de La Bouille (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur de La Bouille (source : PAR)

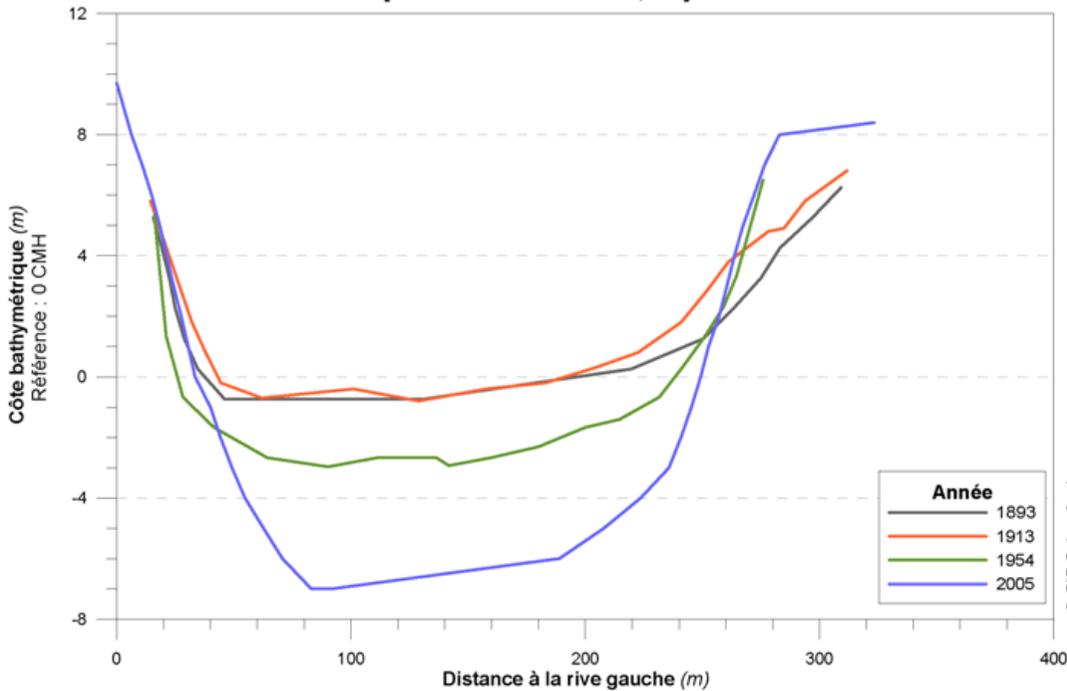
En amont de Caudebec, la largeur du lit de la Seine ne posait pas de réel problème pour la navigation contrairement à l'aval. La Seine faisait en moyenne 300 m de large. Elle n'a été que ponctuellement rectifiée notamment par la fermeture des « trous de Seine », par quelques rescindements d'îles ou plus rarement, par un élargissement de la largeur comme c'est le cas pour la passe de Caumont-Mauny (Reymondier, 1990).

Cette passe formait une fosse très profonde mais considérée trop étroite. Ce passage rétréci et stable était très dangereux notamment lorsque des navires se croisaient. La largeur de la Seine au niveau de cette passe pouvait atteindre 140 m pour des profondeurs allant jusqu'à 13 m en dessous du niveau des basses-mers. En terme de navigation, à cette époque, ils estimaient qu'en trajectoire droite, une largeur minimale de 260 m était nécessaire pour assurer un minimum de sécurité. Cette zone a donc été aménagée dans le cadre de la loi de 1913 afin d'atteindre cet objectif. Le profil effectué au pk 262.5 est une illustration de ces travaux. Le tracé des rives a été rectifié de telle sorte qu'il soit linéaire par rapport aux berges situées en amont et en aval. Un groupe d'épis a été placé côté rive droite, juste en aval du rétrécissement, pour conforter l'action de la digue aval de Caumont (la localisation précise de ces épis n'a pu être définie) (Reymondier, 1990).

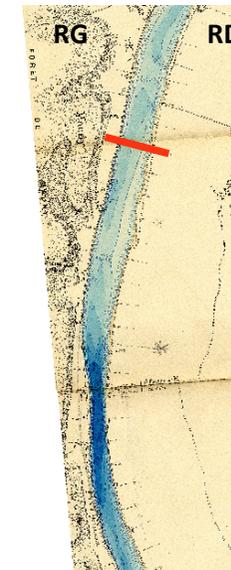


Localisation du transect

Profils en travers de la Seine au Pk 264.8
[Source des données : PAR, IGN]



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de La Bouille



Extrait de la carte de 1893 du secteur de La Bouille (source : PAR)

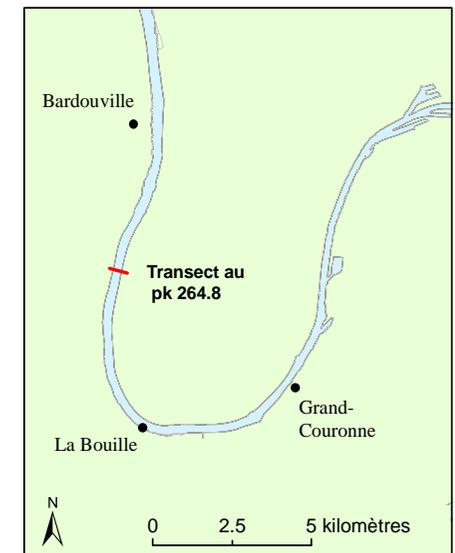


Extrait de la carte de 1954 du secteur de La Bouille (source : PAR)

Ce transect se situe à quelques centaines de mètres en aval du transect précédent effectué au pK 262.5 concernant la passe de Caumont-Mauny. Cette étroite passe formait une fosse très profonde (allant jusqu'à - 8 m par rapport au 0 CMH en 1893) mais elle était également très dangereuse pour la navigation. C'est pour cela qu'elle a été élargie de manière significative (passant d'environ 140 m à 260 m de large).

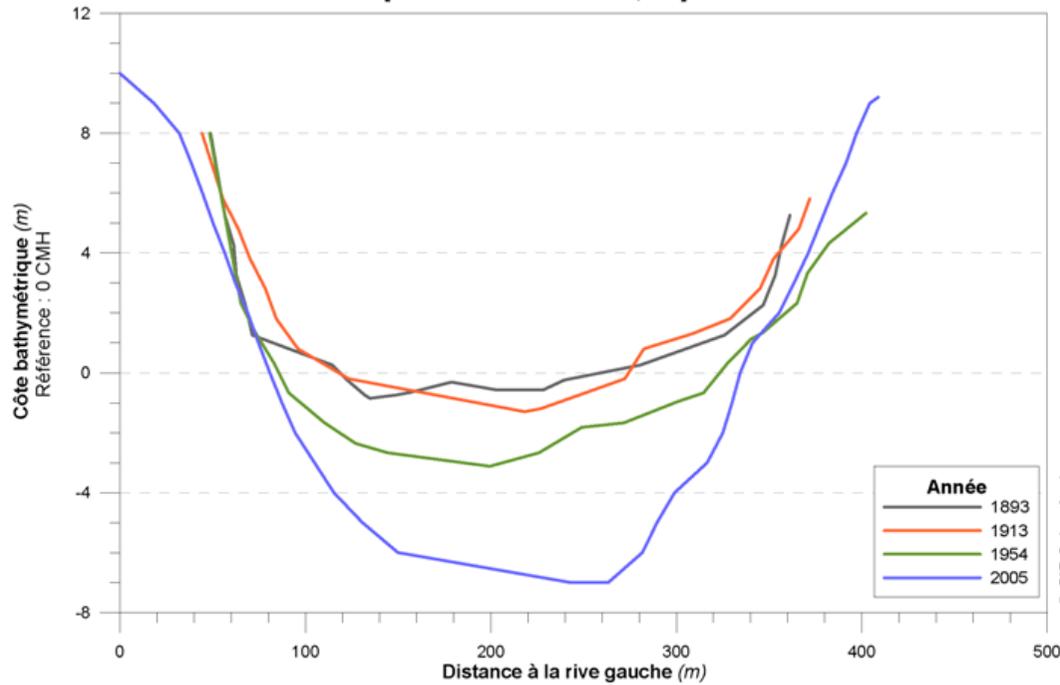
Ces deux secteurs, stables avant les aménagements, formaient une alternance entre un important haut fond suivi d'un important seuil (situé entre -1 et 0 m par rapport au 0 CMH en 1893), typique de la morphologie originelle de la Seine en amont de Caudebec.

Lors des travaux d'élargissement de la passe, un groupe d'épis a été placé côté rive droite, juste en aval du rétrécissement, pour conforter l'action de la digue aval de Caumont (la localisation précise de ces épis n'a pu être définie). Ceci devait permettre l'érosion des seuils sous l'action des courants. Parallèlement, une grande campagne de dragage avait été menée entre 1913 et 1950 pour augmenter la profondeur du chenal de navigation au niveau des différents seuils présents entre Rouen et Tancarville. Le volume de sédiments dragués a été estimé à 8 millions de m³ (Reymondier, 1990). De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).



Localisation du transect

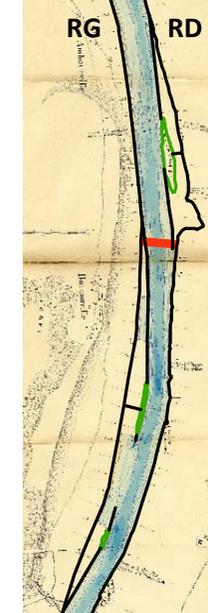
Profils en travers de la Seine au Pk 270.3
[Source des données : PAR, IGN]



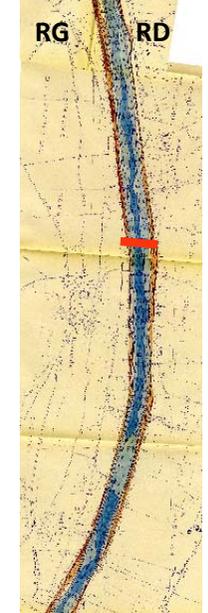
© GIP Seine-Aval



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Bardouville



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Bardouville (source : PAR)

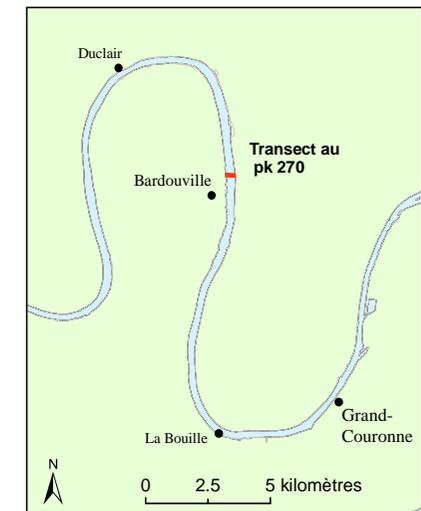


Extrait de la carte de 1954 du secteur de Bardouville (source : PAR)

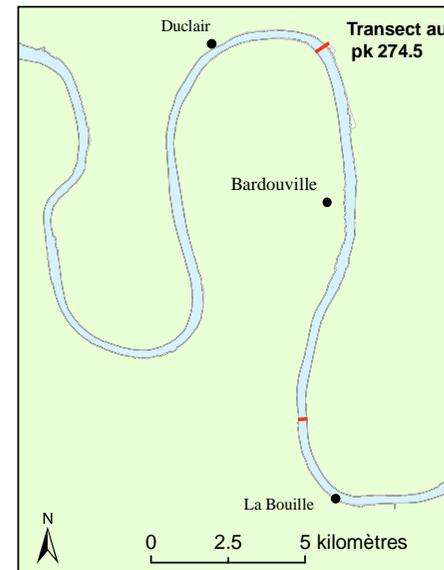
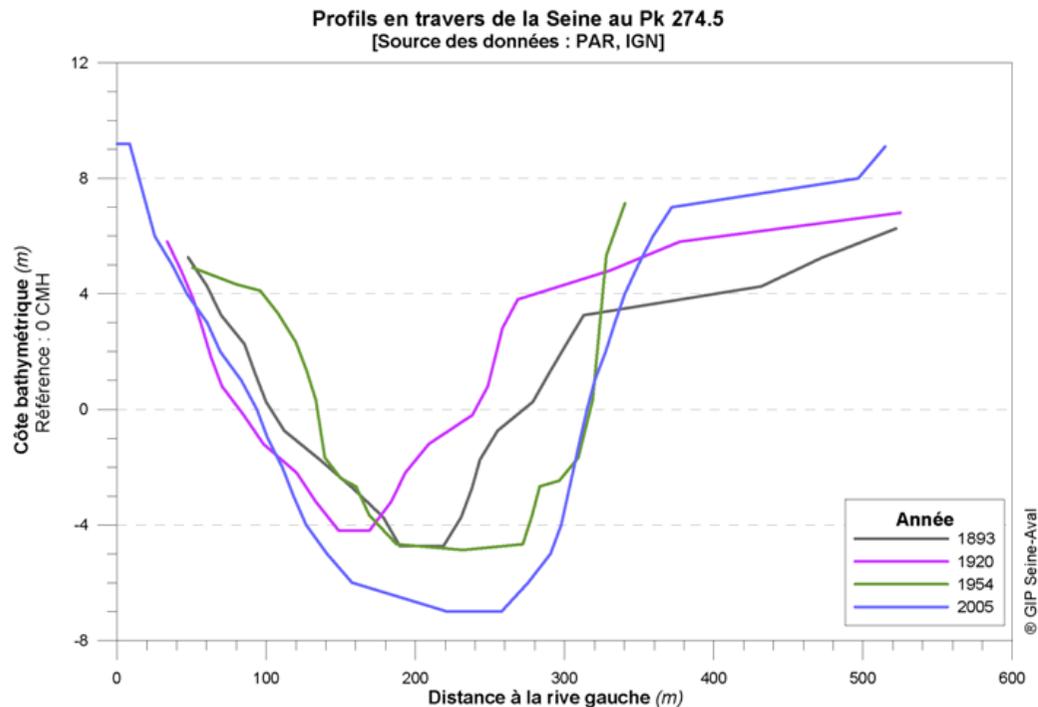
La passe de Bardouville qui s'étend du pk 266 au pk 273 était un passage où de fortes perturbations hydrauliques (pour la navigation) se produisaient en lien avec la présence d'îles qui formaient ainsi des bras secondaires. Cette passe représentait également un haut fond peu altérable pouvant être gênant lors des basses eaux (Reymondier, 1990).

Le transect effectué au pk 270.3 se situe entre deux réductions de largeur du chenal effectuées par rescindement des îles, l'un situé en amont côté rive gauche (avec l'île du Calumet et l'île aux Peuples en 1892) et le second côté rive droite en aval (avec l'île Saint George en 1886). Des digues ont été construites pour fermer l'accès aux bras secondaires créant ainsi un chenal unique.

Cette intervention a fortement modifié le régime hydraulique de la Seine en concentrant les courants dans un unique chenal qui a engendré une accélération des courants et ainsi une augmentation de l'érosion sous l'action du flot et du jusant. Malgré cela, le fond situé à Bardouville restait stable et peu altérable. Ainsi, la passe de Bardouville a été draguée à mainte reprise pour tenter de supprimer ce haut fond notamment en 1888, entre 1899 et 1903, entre 1913 et 1950 (Reymondier, 1990 ; archives du PAR). Ces campagnes n'ont pas été d'une grande efficacité à cet endroit, l'approfondissement du fond a été plus net ces 60 dernières années. De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).



Localisation du transect



Localisation du transect

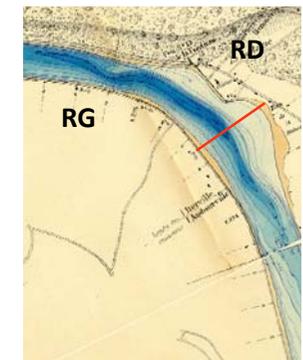
La Seine présentait une grande variabilité de largeur avec des érosions profondes localisées, formant les « trous de Seine ». Le flot s'engouffrait sans difficulté dans ces anses d'érosion, attaquant les berges et rejetant les sédiments érodés dans le chenal (Lavoine, 1885) formant alors une sorte de plateforme. Les « trous » plus ou moins prononcés créaient localement des perturbations du régime hydraulique pouvant être dangereux pour la navigation.

Du fait de sa position au niveau du forte courbure de la Seine, le trou de La Fontaine représentait une zone à haut risque pour la navigation et notamment pour les manœuvres des grands navires. Dès 1851, la rive gauche a été endiguée. La fermeture de ce trou a été décidée plus tardivement dans le cadre de la loi de 1913 aussi bien dans l'intérêt de la navigation que dans celui des riverains qui voyaient progressivement leurs terrains rongés par l'érosion. C'est ainsi qu'une première digue basse à la côte + 7.15 m / 0 CMH, a été construite en 1925 à 335 m de la rive gauche sur le profil. Au même moment une digue haute a été mise en place à une trentaine de mètres en arrière de la digue basse (au niveau du profil). Celle-ci a été terminée en 1927 et atteint la côte +9.1 m / 0 CMH. Le couplage de ces deux digues a engendré un comblement du trou de la Fontaine (Reymondier, 1990 ; cartes PAR).

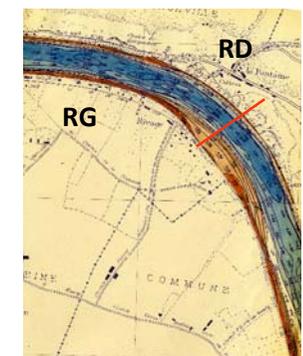
De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Duclair

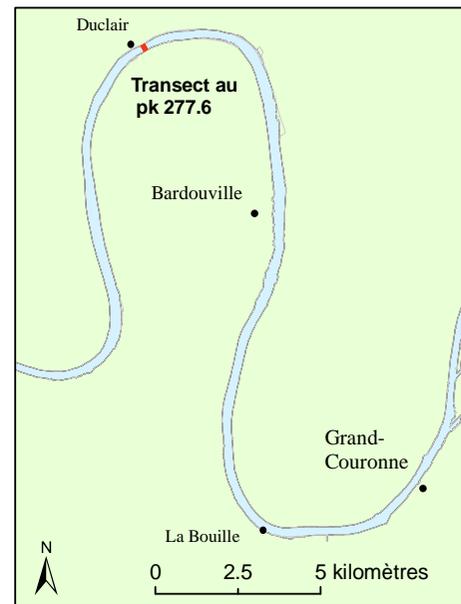
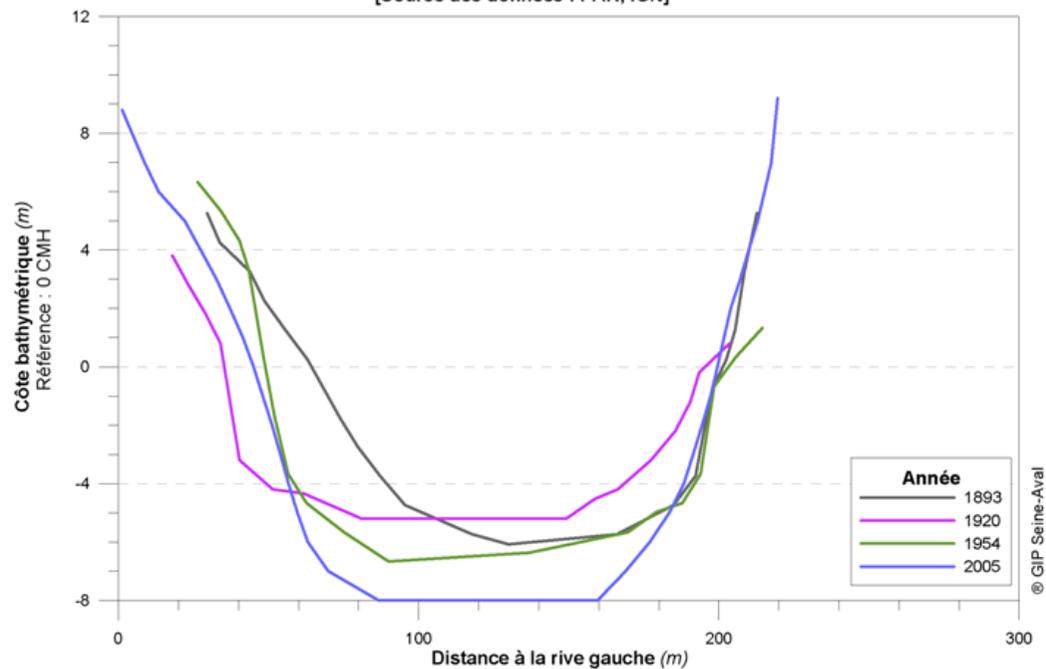


Extrait de la carte de 1893 du secteur de Duclair (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur de Duclair (source : PAR)

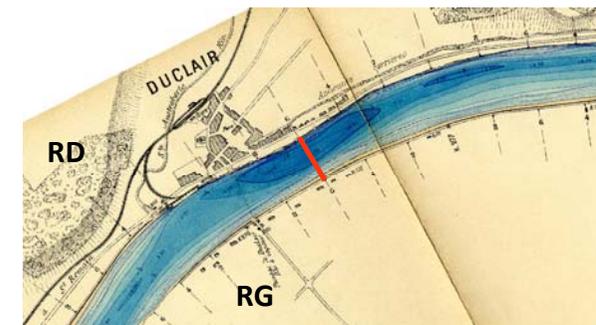
Profils en travers de la Seine au PK 277.6
[Source des données : PAR, IGN]



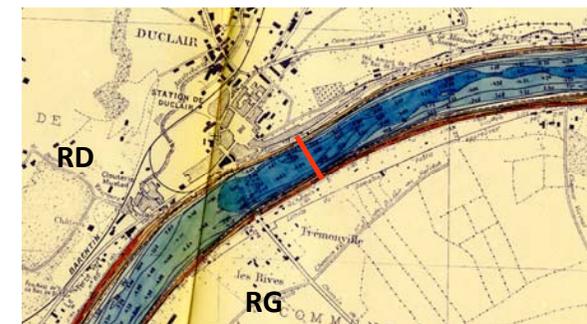
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Duclair



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Duclair (source : PAR)



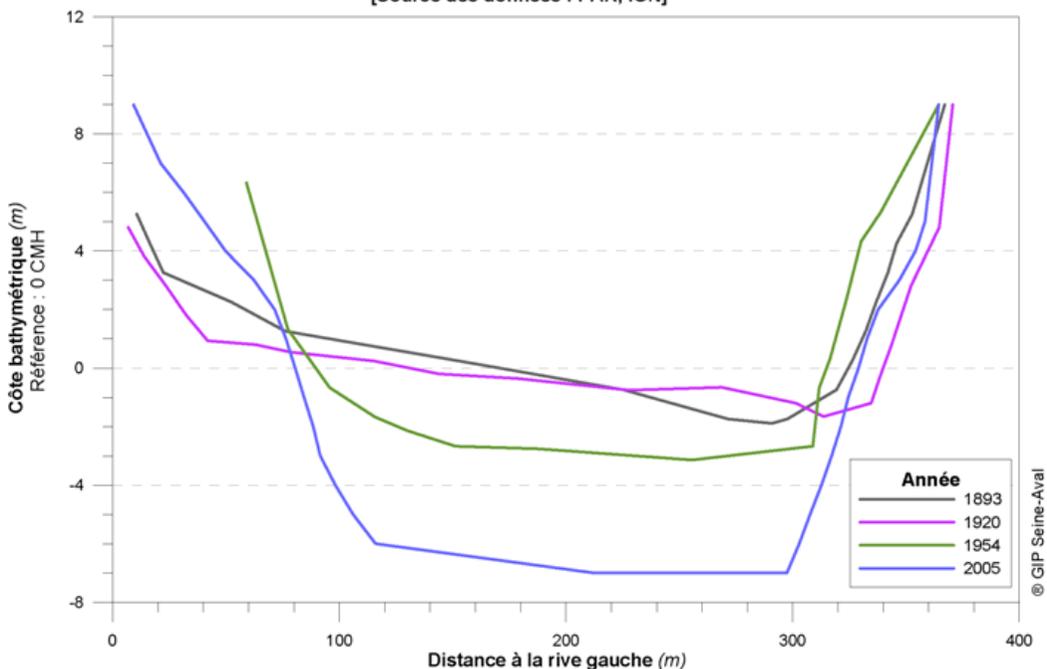
Extrait de la carte de 1954 du secteur de Duclair (source : PAR)

De Rouen à Caudebec, le lit était naturellement fixe et régulier formé d'une succession de fosses et de seuils plus ou moins prononcés et étendus. Ce transect a été effectué au niveau d'une de ces fosses. Avant les grands aménagements, le mascaret était dangereux jusqu'à Duclair où la vague qui se développait pouvait atteindre entre 0.6 et 2 m de hauteur (Thélu, 2005). Lors d'une enquête de 1860, des documents faisaient référence à des terrains emportés, des maisons détruites, ... près de Duclair, suite au passage du mascaret (Lavoine, 1885).

Cette zone a été concerné par la réfection des chemins de halage (loi 1846) notamment en rive gauche où il a été rehaussé et renforcé par du béton en 1847 – 1861. Compte tenu de la profondeur de cette fosse, ce secteur n'a pas été concerné par les premières campagnes de dragage (Reymondier, 1990 ; ADSM, 1862).

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).

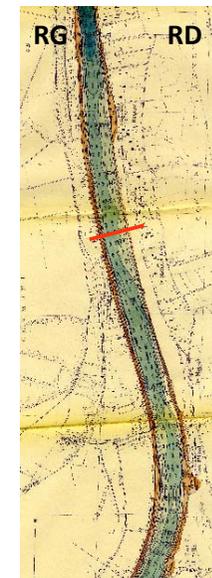
Profils en travers de la Seine au Pk 284
[Source des données : PAR, IGN]



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur du Mesnil sous Jumièges



Extrait de la carte de 1893 du secteur du Mesnil-sous-Jumièges (source : PAR)

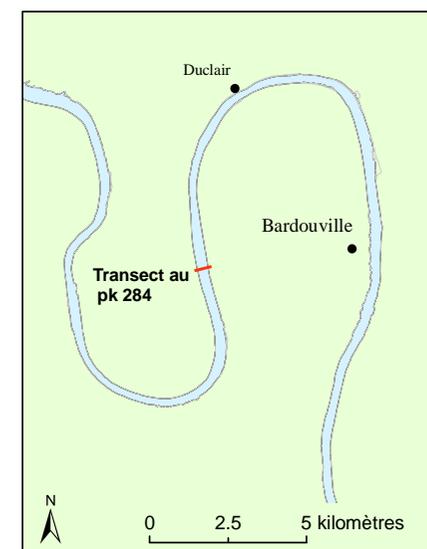


Extrait de la carte de 1893 du secteur du Mesnil-sous-Jumièges (source : PAR)

Cette zone naturellement rectiligne est formée d'un haut fond de largeur convenable pour la navigation, avec des hauteurs d'eau suffisantes pour les tirants d'eau tolérés au XIXème siècle – début du XXème. La rive droite était bordée par un chemin de halage. Avant 1846, les chemins de halage n'étaient pas entretenus ni protégés contre l'érosion. Au fil du temps, ils présentaient de grosse lacune et devenaient de plus en plus impraticables. Dans le secteur du transect, le chemin de halage a été remis en état dans le cadre de la loi de 1846, bétonné pour être plus résistant et surélevé (en moyenne à la cote + 9 CMH) afin de ne plus être inondé lors de forte marée. En rive gauche, un semblant de digue discontinue avait été mise en place (Reymondier, 1990, PAR et ADSM).

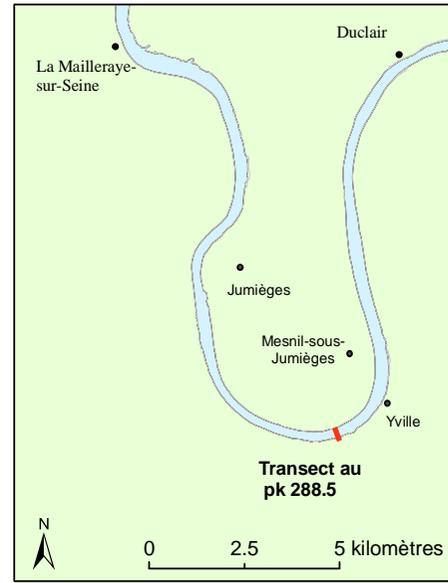
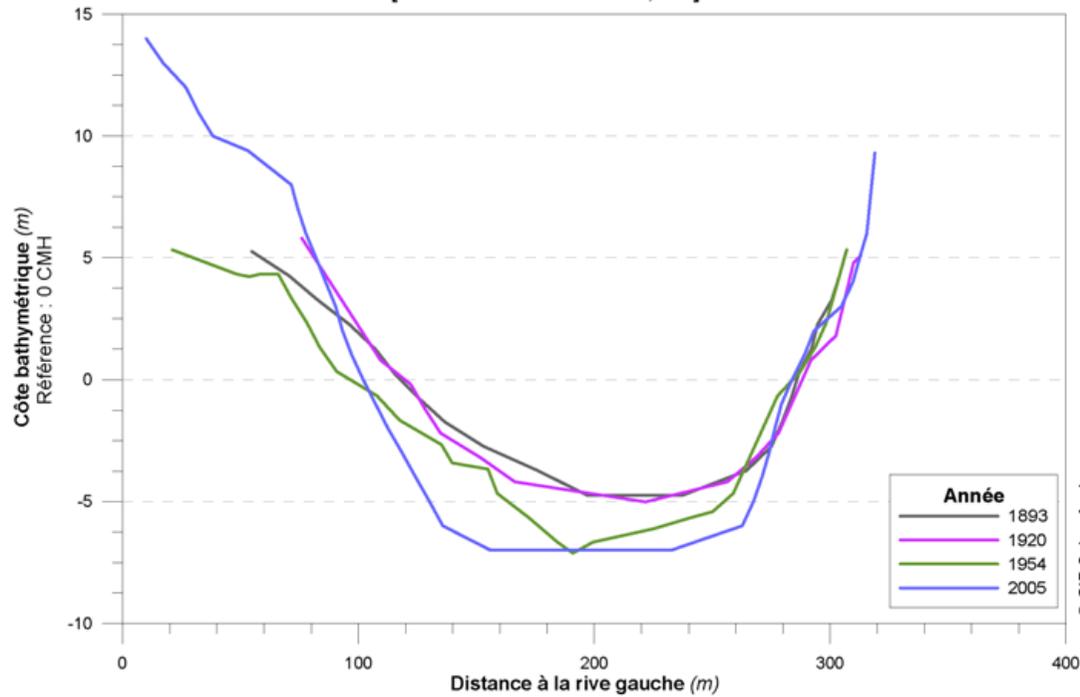
C'est lors de la 4^{ème} phase des aménagements que la rive gauche fut sérieusement endiguée. Dans un premier temps, une digue basse avait été construite à environ 75 m de la rive gauche entre 1922 et 1954 à la cote + 6.35 m CMH au niveau du transect. Celle-ci réduisait la section d'écoulement mais lors de forte marée, du fait de sa hauteur, la digue « s'effaçait » et laissait les eaux envahir la zone arrière, semblable à une zone tampon. A l'heure actuelle, la digue basse n'est plus existante. Une digue haute a ensuite été construite selon un tracé proche de celui de la berge originelle.

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).



Localisation du transect

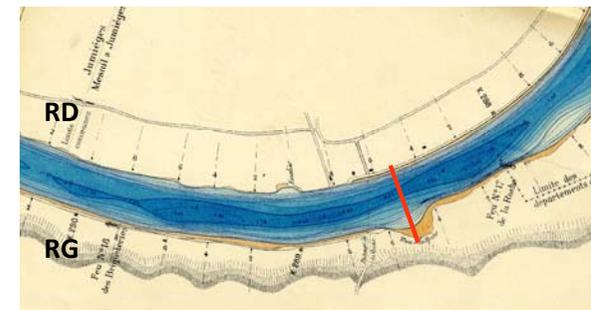
Profils en travers de la Seine au PK 288.5
[Source des données : PAR, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur d'Yville



Extrait de la carte de 1893 du secteur d'Yville (source : PAR)

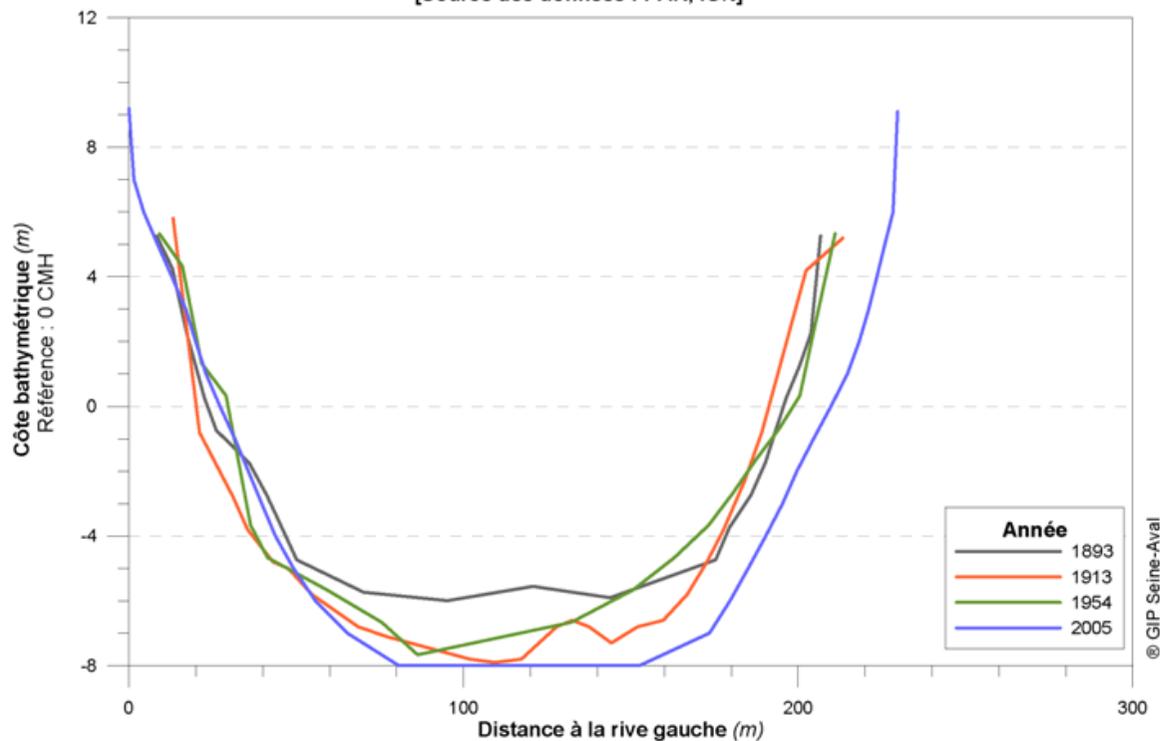


Extrait de la carte de 1954 du secteur d'Yville (source : PAR)

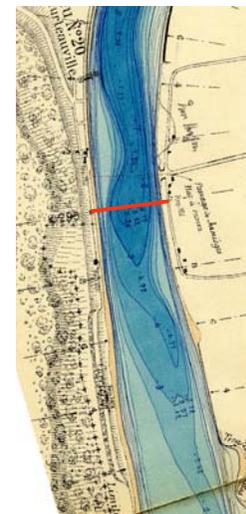
De Rouen à Caudebec, le lit était naturellement fixe et régulier formé d'une succession de fosses et de seuils plus ou moins prononcés et étendus. Ce transect a été effectué au niveau d'une de ces fosses et également d'un «trou de Seine» connu actuellement sous le nom de Trou des Rouges Terres. Au fil du temps, ce trou s'est peu à peu atterri et ainsi sa largeur a diminué de 40 m.

Cette zone a été concerné par la réfection des chemins de halage en aval du pK 289 (loi 1846) notamment en rive droite où il a été rehaussé et renforcé par du béton lors de la première phase des travaux (1848 – 1867). Au niveau du transect, aucune digue n'a été construite sur la rive gauche. Compte tenu de la profondeur de cette fosse, ce secteur n'a pas été concerné par les grandes campagnes de dragage.

Profils en travers de la Seine au Pk 295
[Source des données : PAR, IGN]



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Jumièges



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Jumièges (source : PAR)



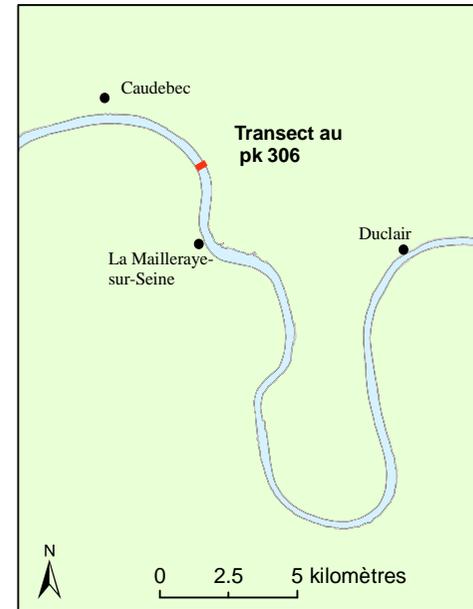
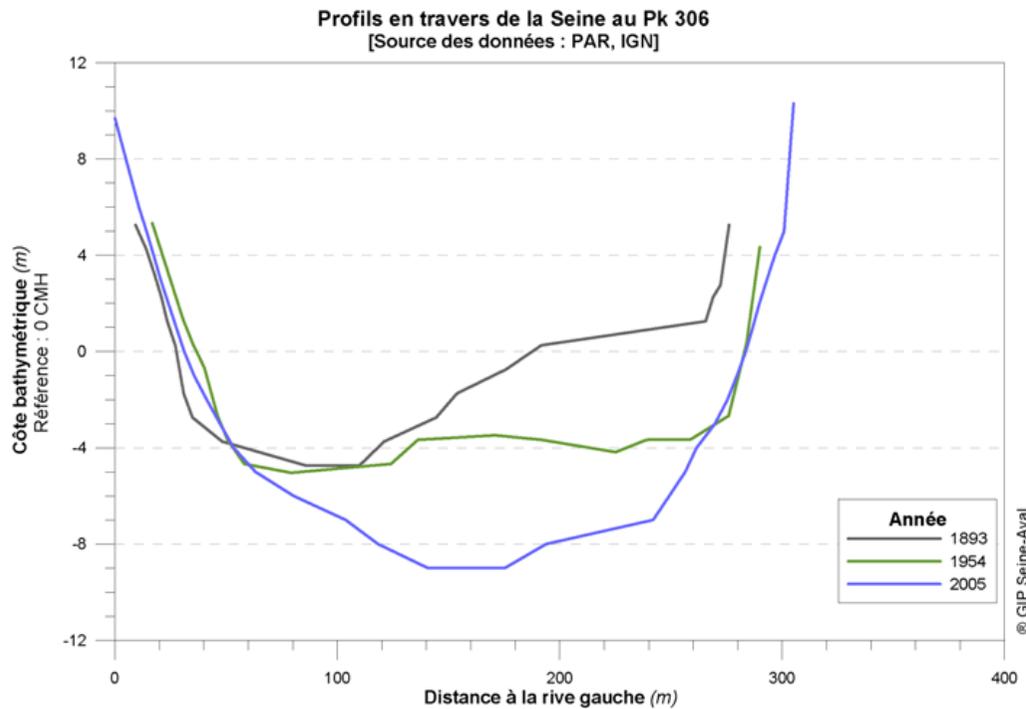
Extrait de la carte de 1954 du secteur de Jumièges (source : PAR)

De Rouen à Caudebec, le lit était naturellement fixe et régulier formé d'une succession de fosses et de seuils plus ou moins prononcés et étendus.. Ce transect a été effectué au niveau de l'une de ces fosses comprise entre environ -5 et -11 m par rapport au 0 CMH. La profondeur du chenal au niveau de la fosse de Jumièges est restée relativement constante depuis un siècle et s'apparentait, d'ores et déjà, au besoin actuel pour la navigation. La rive droite a été endiguée à cette hauteur au cours de la 4^{ème} phase des travaux (1922 – 1960) et la rive gauche a été endiguée vers 1868.

En marge des deux trous de Seine (des Hogues et des Hoguettes) situés en peu plus en amont, un troisième trou s'est formé au lieu dit Le passage (très bien visible sur la carte de 1954). Celui-ci a du se former en liaison avec la morphologie du fond. On constate que la sinuosité du thalweg (en 1893) tend à diriger les courants vers la rive droite notamment au niveau du trou. Sur une carte de 1913, on peut apercevoir le trou qui m'amorce. Avec la construction de la digue juste en aval de cette zone, ceci a créé un point dur qui a favorisé le creusement de la berge et développé le trou. Actuellement, ce trou est en partie constitué d'une vasière.



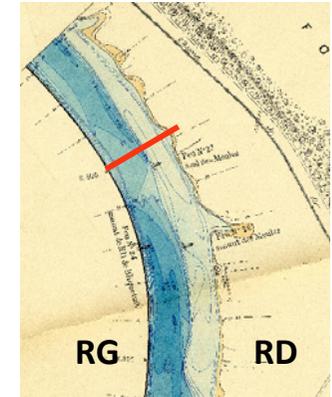
Localisation du transect



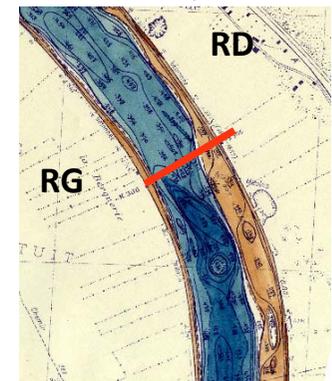
Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750 du secteur du Trait



Extrait de la carte de 1893 du secteur du Trait (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur du Trait (source : PAR)

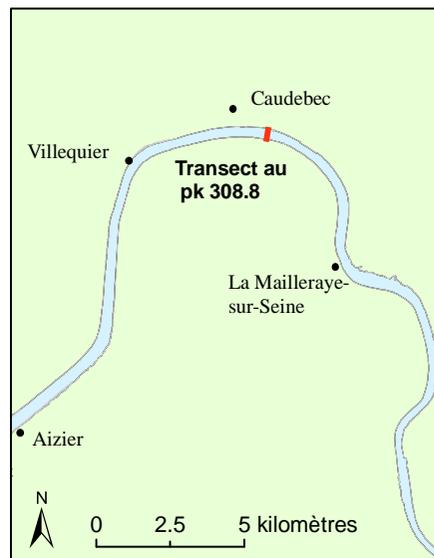
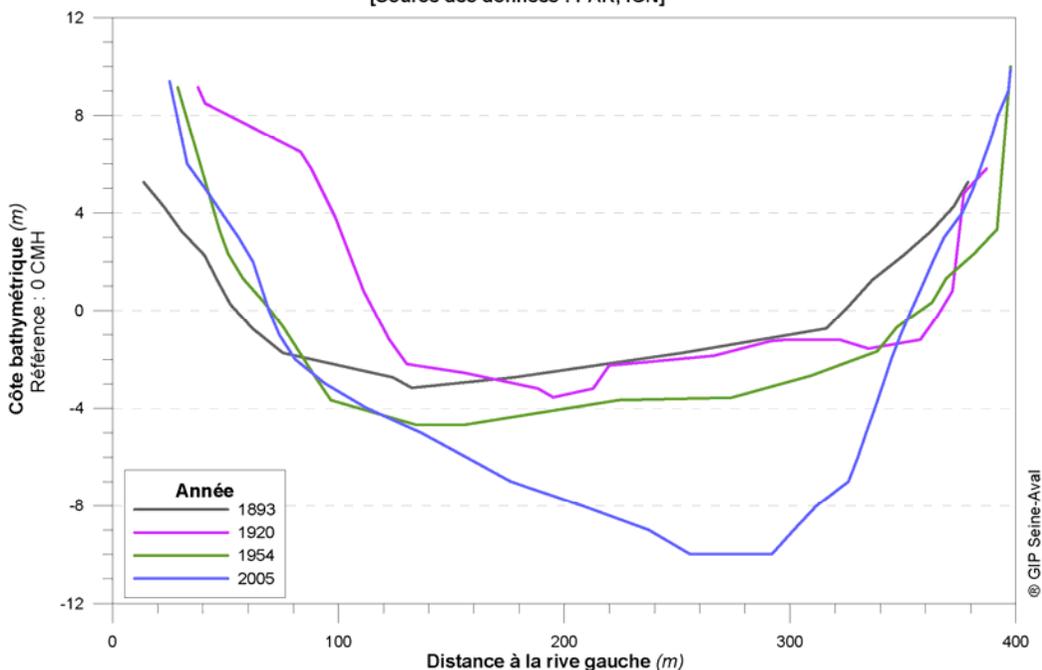
Ce transect a été effectué dans une zone caractérisée par la présence d'un haut fond assez important : le banc tourbeux des Meules. Il est caractérisé par un chenal principal (plus profond) côté rive gauche laissant une sorte de haute plateforme le long de la rive droite.

Même suite aux premiers aménagements, ce banc représentait constamment un obstacle important à la navigation et difficilement altérable par érosion. Avant 1848, il se situait à 2.30 m sous le niveau des plus basses mers (certaines fosses pouvaient atteindre 12 m de profondeur à pleine mer) (*Lavoinne, 1880*). Ce point noir l'était d'autant plus qu'un autre seuil se situait quelques kilomètres en aval au niveau de Caudebec mais cette fois-ci côté rive gauche. Cette alternance de hauts fonds associés à la plateforme latérale en rive droite rendaient le croisement des bateaux dangereux à cette époque.

Cet obstacle naturel a été l'un des premiers seuils à être dragué. Dès la première phase d'aménagement de la Seine, des dragages ont été effectués à son niveau (1855, 1859, 1861) afin de renforcer l'effet d'approfondissement que produisait les premières digues construites entre Caudebec en Caux et Tancarville. Puis, malgré l'extension de l'endiguement de la Seine, le banc des Meules restait un point dur de la Seine. Ainsi, d'autres actions de dragages ont été menées régulièrement notamment entre 1888 et 1895, entre 1899 et 1903 puis entre 1913 et 1950 (*Reymondier, 1990*). Toutes ces interventions ont permis de réduire au fur à et mesure ce haut fond jusqu'à le supprimer.

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).

Profils en travers de la Seine au Pk 308.8
[Source des données : PAR, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Caudebec



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Caudebec (source : PAR)



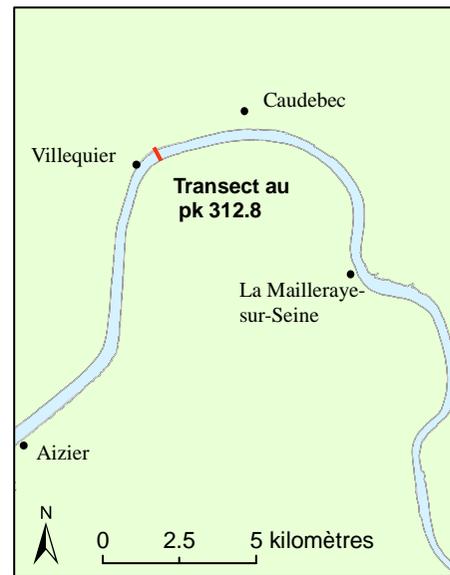
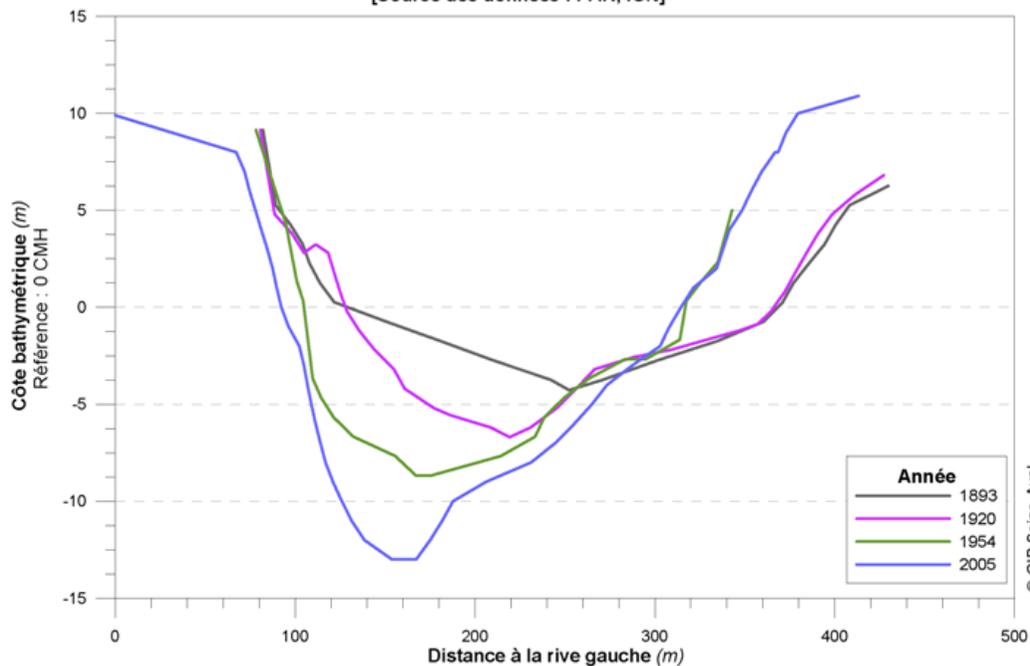
Extrait de la carte de 1954 du secteur de Caudebec (source : PAR)

Cette zone était particulièrement dangereuse pour la navigation du fait de la présence du banc des Meules juste en amont (longeant la rive droite) et d'un autre seuil situé à hauteur du pK 310 (côté rive gauche). Cette alternance de hauts fonds situés globalement autour du 0 CMH, compliquait les manœuvres et rendaient le croisement des bateaux dangereux à cette époque.

Le transect se situe entre ces deux seuils dans une zone légèrement plus profonde (à -2 ou -3 m de ces seuils). Les fonds se situaient à 3.1 – 3.2 m sous le niveau des plus basses mers (Lavoine, 1885). Au niveau de celui-ci, la rive droite a été l'une des premières à être endiguée en 1852 et 1853 protégeant ainsi Caudebec et ses routes d'accès. La rive gauche a été endiguée pendant la 3^{ème} phase entre 1893 et 1912. Malgré l'accélération des écoulements par l'endiguement, ces fonds sont restés peu altérables jusqu'à la moitié du 20^{ème} siècle.

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin d'avoir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).

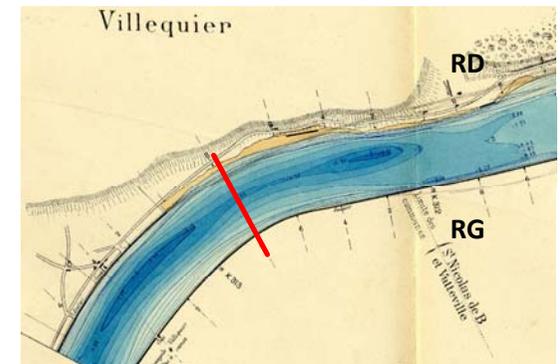
Profils en travers de la Seine au Pk 312.8
[Source des données : PAR, IGN]



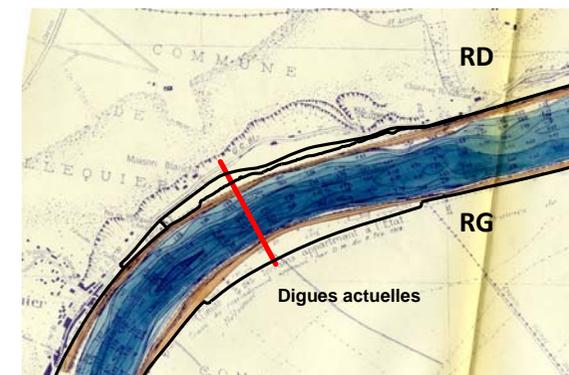
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Villequier



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Villequier (source : PAR)

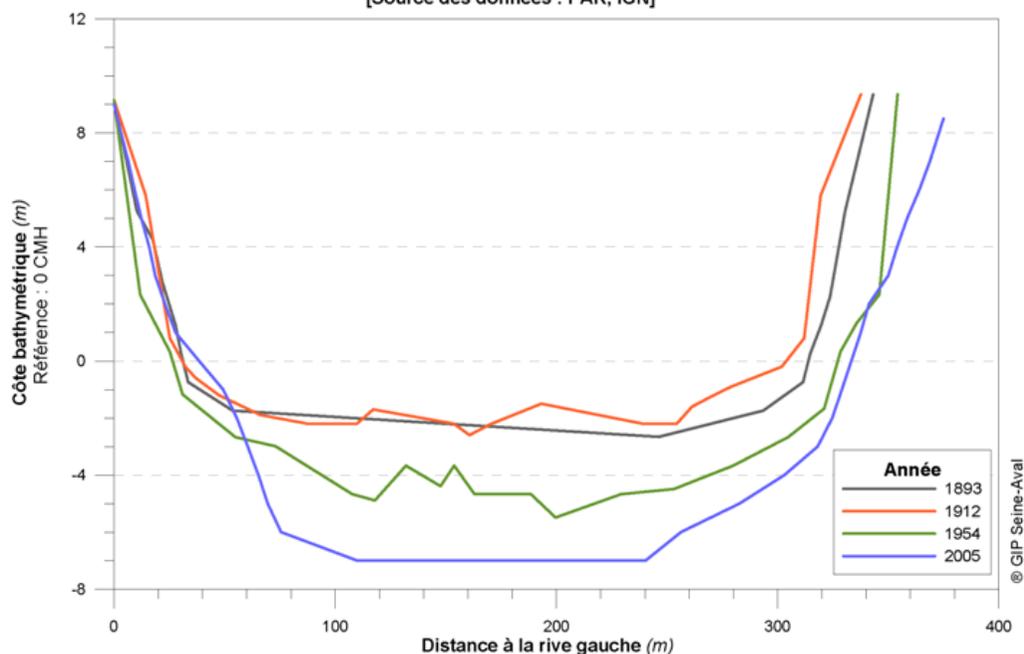


Extrait de la carte de 1954 du secteur de Villequier (source : PAR)

En 1847, la traverse de Villequier (en son point le plus haut, n'était qu'à 0.40 m en dessous du niveau d'étiage et il semblerait que 184 navires s'y étaient échoués entre 1842 et 1847. Au niveau de cette traverse et de celle d'Aizier, le niveau d'eau était faible et ne permettait le passage qu'à des navires de 3.30 m de tirant d'eau en haute-mer de vive-eau. Suite aux premiers endiguements effectués entre Villequier et Quillebeuf (18 km en RD et environ 10 km en RG répartis sur ce secteur), le tirant d'eau est alors passé de 7 m à 7.50 m dans les mêmes conditions et assurait 5 m en morte-eau (Lavoine, 1885).

A la fin du 19^{ème} siècle, la rive droite était bordée par un chemin à une trentaine de mètres de l'actuelle berge aménagée qui a été mise en place entre 1922 et 1960. A une centaine de mètres en aval se trouvaient les quais de Villequier. En rive gauche, une première digue à + 9.5 m CMH a été mise en place entre 1852 et 1855. Cette digue a été détruite puis reconstruite à la côte + 10 m CMH à environ 80 m en arrière de l'ancienne après 1961.

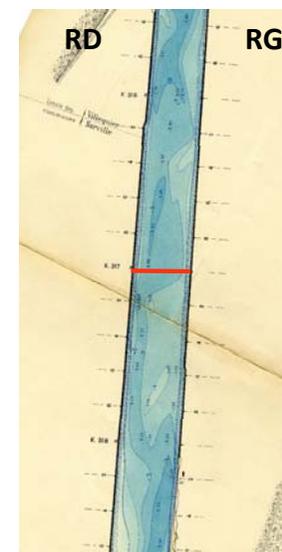
Profils en travers de la Seine au Pk 317
[Source des données : PAR, IGN]



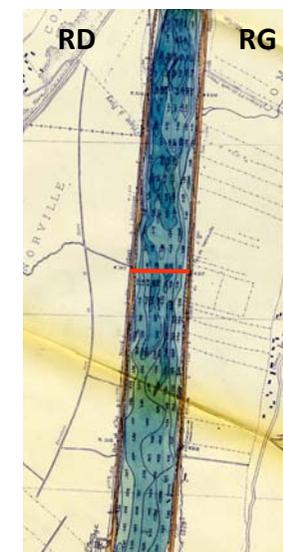
© GIP Seine-Aval



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Vatteville



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Vatteville (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur de Vatteville (source : PAR)

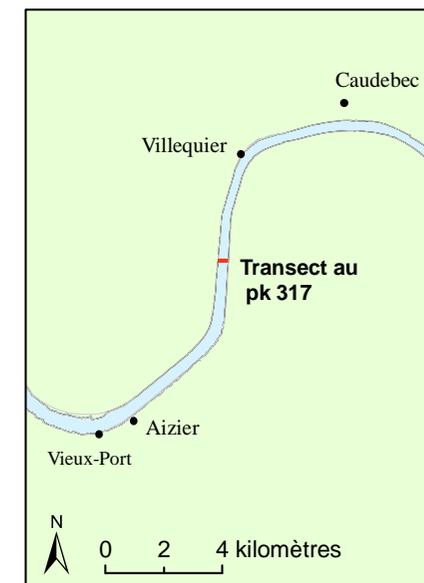
Les écarts en rive droite sont liés aux incertitudes du calage. La courbe de 1954 est la position exacte de la digue

Jusqu'en 1848, le lit de la Seine présentait de nombreux bancs de sables très mobiles en aval de Caudebec, rendant le chenal divaguant et très imprévisible (carte N et J Magin). Avant les grands aménagements, sur certains bancs sableux, la hauteur d'eau ne dépassait pas 1 m en basse-mer de vive-eau (Thélu, 2005).

Ce transect se situe entre la traverse de Villequier et le banc des Flacques, à hauteur des tous premiers endiguements effectués en 1848 et 1849 concernant les deux rives (à la cote + 9.35 m/0 CMH en rive droite et + 9.15 m/0 CMH en rive gauche). Au fur et à mesure de ces travaux, le chenal s'est fortement et rapidement approfondi, passant de 3.50 m à pleine mer à 6.50 m de profondeur au niveau de la traverse d'Aizier, sous l'effet de la concentration et par conséquent de l'accélération des écoulements (Reymondier, 1990). Entre 1847 et 1850, 5 ou 6 millions de m³ de sables ont été estimés « évacués » par les courants dans la partie en amont de Tancarville (Thélu, 2005).

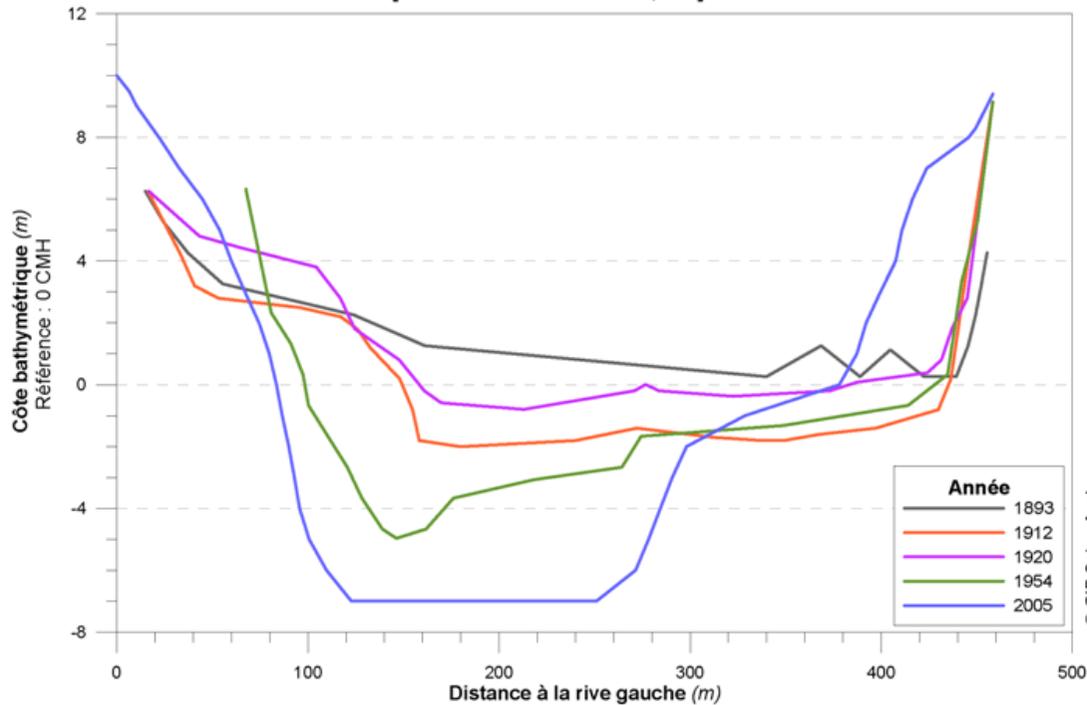
A la fin du 19^{ème} siècle, le fond s'était stabilisé, la force des courants n'était plus suffisante pour l'éroder. Ainsi, des campagnes de dragages ont été menées entre 1913 et 1950 où 8 millions de m³ de sédiments ont été estimés prélevés entre Rouen et Tancarville (et 13 millions de m³ ont été estimés transportés par la Seine) (Reymondier, 1990 ; archives PAR sur l'évolution des fond, 1954).

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin de garantir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).

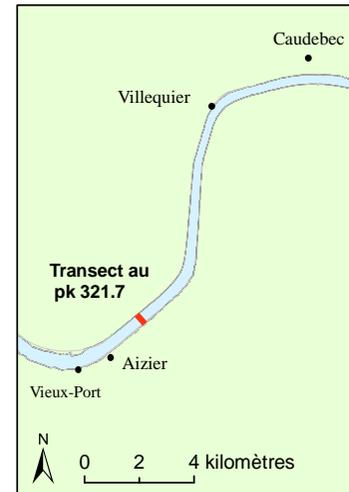


Localisation du transect

Profils en travers de la Seine au Pk 321.7
[Source des données : PAR, IGN]



© GIP Seine-Aval



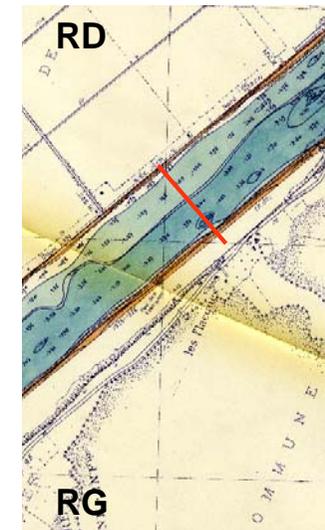
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur d'Aizier



Extrait de la carte de 1893 du secteur d'Aizier (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur d'Aizier (source : PAR)

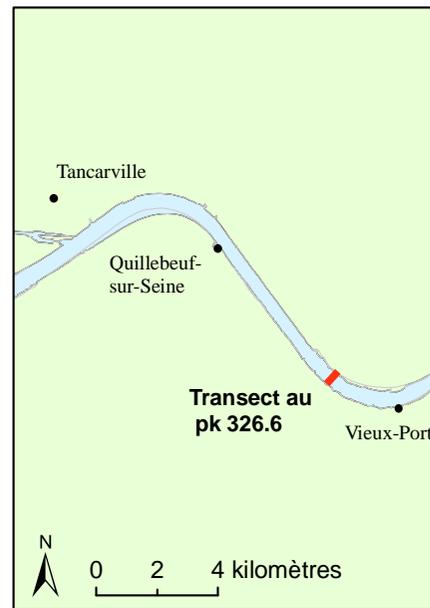
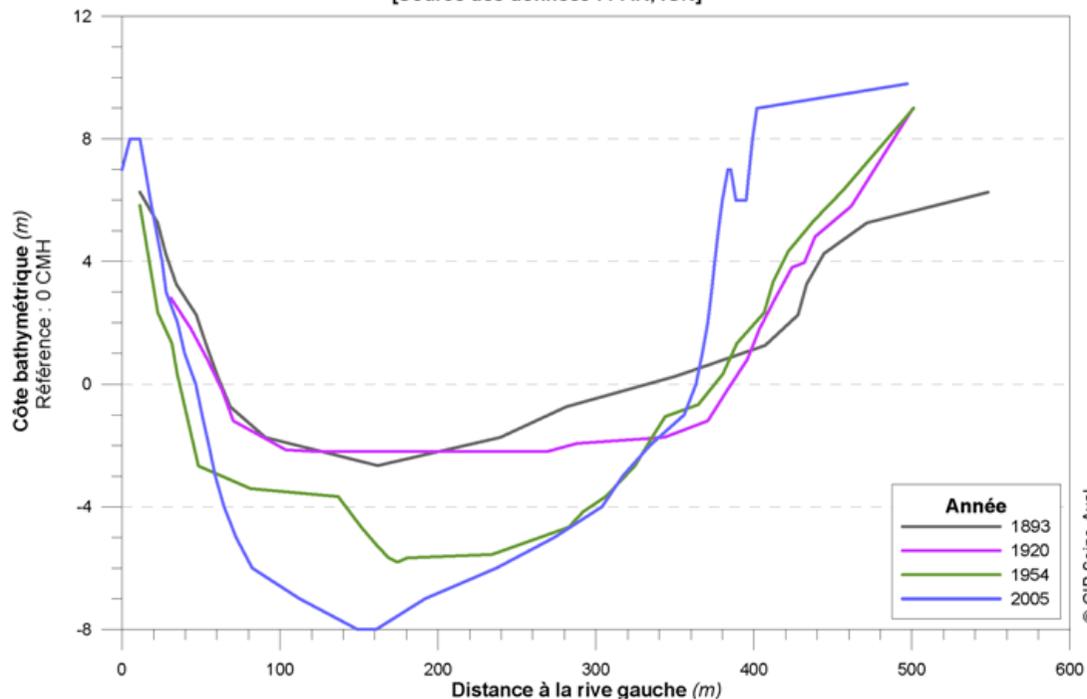
Jusqu'en 1848, l'estuaire de la Seine était un milieu très dynamique. Le lit de ce fleuve présentait de nombreux bancs sableux en aval de Caudebec. Sur certains bancs sableux, la hauteur d'eau ne dépassait pas 1 m en basse-mer de vive-eau (Thélu, 2005).

Ce transect se situe au niveau du banc sableux des Flacques à hauteur des tous premiers endiguements effectués entre 1848 et 1851. Les endiguements faits en 1849 au niveau de ce banc concernaient uniquement la rive droite. Au fur et à mesure de ces travaux, le chenal s'est fortement et rapidement approfondi, passant de 3.50 m à pleine mer à 6.50 m de profondeur au niveau des traverses de Villequier et d'Aizier, sous l'effet de la concentration et par conséquent de l'accélération des écoulements (Reymondier, 1990). Entre 1847 et 1850, 5 ou 6 millions de m³ de sables ont été estimés « évacués » par les courants dans la partie en amont de Tancarville (Thélu, 2005).

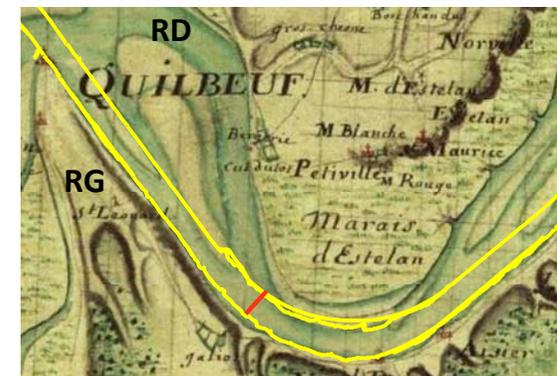
Pendant la seconde phase des travaux, le fond s'était stabilisé, la force des courants n'était plus suffisante pour l'éroder. Le banc des Flacques représentait alors un obstacle à la navigation. Il a donc été dragué pendant la campagne de 1888 à 1895 puis entre 1899 et 1903 (où 2 millions de m³ de matériaux ont été jugés prélevés sur tous les hauts fonds présents entre Rouen et Tancarville). Dans le cadre de la loi de 1913, une digue basse (à +6.35 m / 0 CMH) a été construite en 1925/1926 à environ 70 m de la rive gauche pour limiter les irrégularités de la berge (carte PAR, Reymondier, 1990).

D'autres campagnes de dragages ont été effectuées entre 1913 et 1950 (où 8 millions de m³ ont été estimés prélevés entre Rouen et Tancarville) (Reymondier, 1990). Un chenal de navigation a été favorisé le long de la rive gauche laissant une sorte de haute plateforme le long de la rive droite.

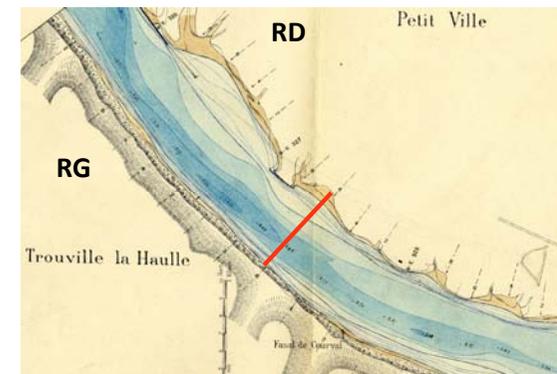
Profils en travers de la Seine au Pk 326.6
[Source des données : PAR, IGN]



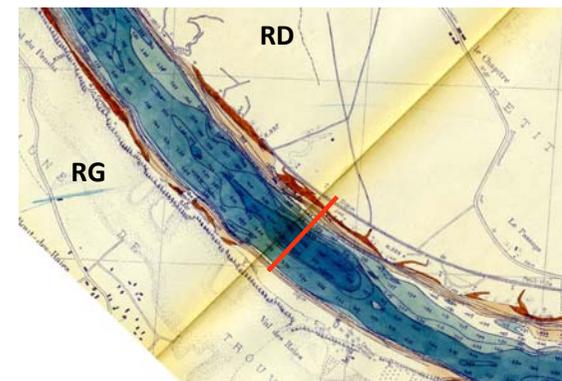
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur d'Aizier



Extrait de la carte de 1893 du secteur d'Aizier (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur d'Aizier (source : PAR)

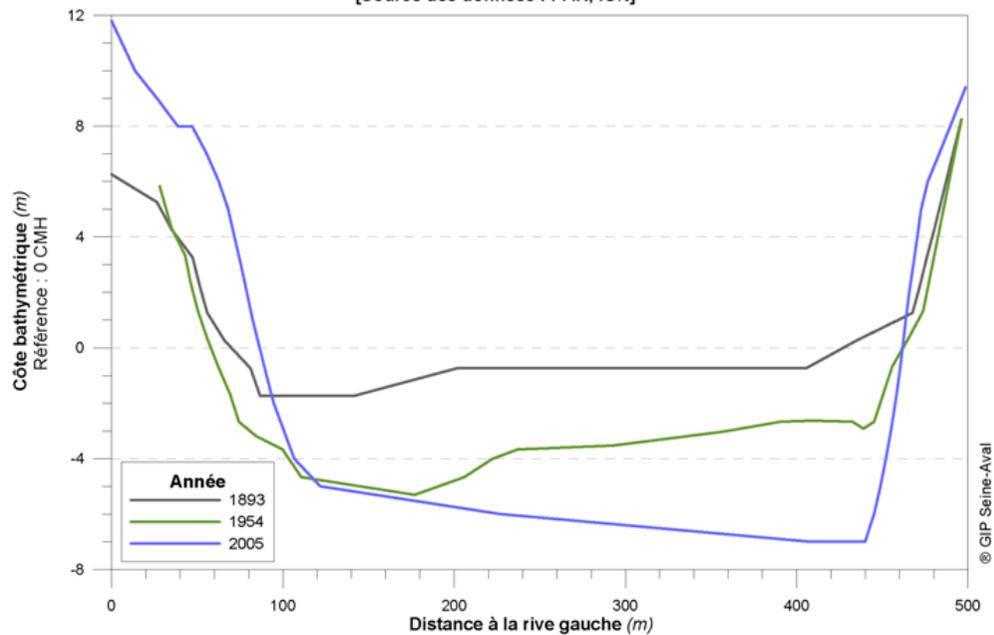
La digue de Petiville est une digue construite côté rive droite entre 1893 et 1897, formée de galets et formant un chemin de halage. Celle-ci a été mise en place de telle sorte qu'une zone marnante a été maintenue. Actuellement il s'y est développé tout un système particulier composé de bois alluviaux et de réseaux de filandres. Cette digue a permis de protéger les terres agricoles situées en arrière d'éventuel débordement de la Seine.

En rive gauche, la Seine s'appuie sur un haut plateau crayeux. De ce fait, au début des grandes phases de travaux, il n'était pas nécessaire de l'endiguer. Entre 1920 et 1954, une petite portion de digue (d'environ 1.2 km) a été construite au niveau du transect (visible sur l'extrait de la carte de 1954 ci-contre). Cette digue indiquée comme haute, semblerait s'être érodée à une côte voisine de + 5 m / 0 CMH. Elle serait donc devenue une digue basse et une zone vaseuse se serait développée en arrière.

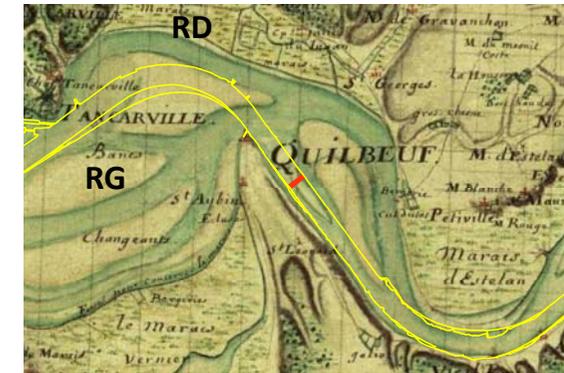
A cette période les profondeurs n'étaient pas encore gênantes pour la navigation. Puis, des campagnes de dragages ont été menées entre 1913 et 1950 où 8 millions de m³ de sédiments ont été estimés prélevés entre Rouen et Tancarville (et 13 millions de m³ ont été estimés transportés par la Seine) (Reymondier, 1990 ; archives PAR sur l'évolution des fond, 1954) pouvant expliquer le soudain approfondissement de la Seine.

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin de garantir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).

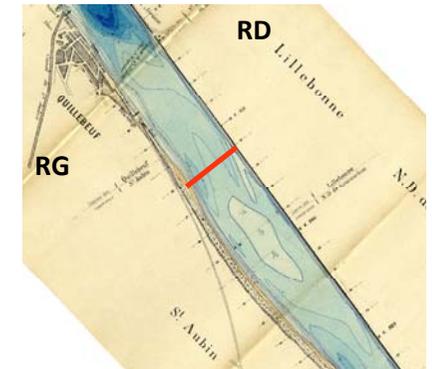
Profils en travers de la Seine au Pk 330
[Source des données : PAR, IGN]



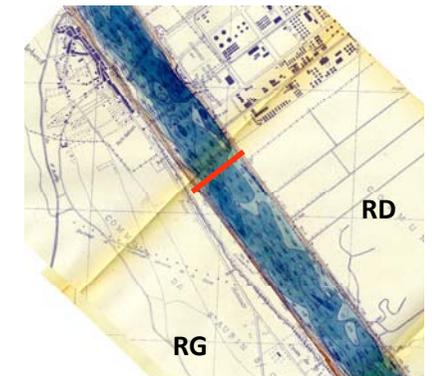
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Quillebeuf



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Quillebeuf (source : PAR)



Extrait de la carte de 1954 du secteur de Quillebeuf (source : PAR)

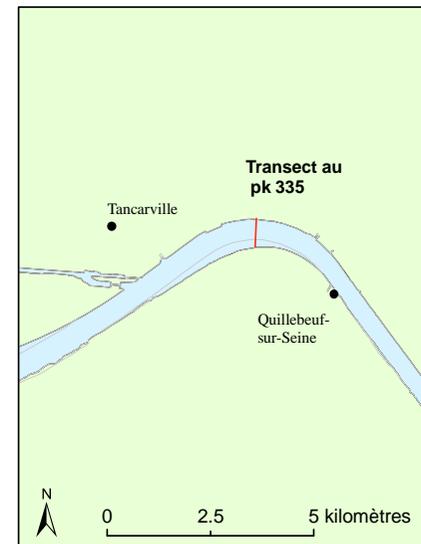
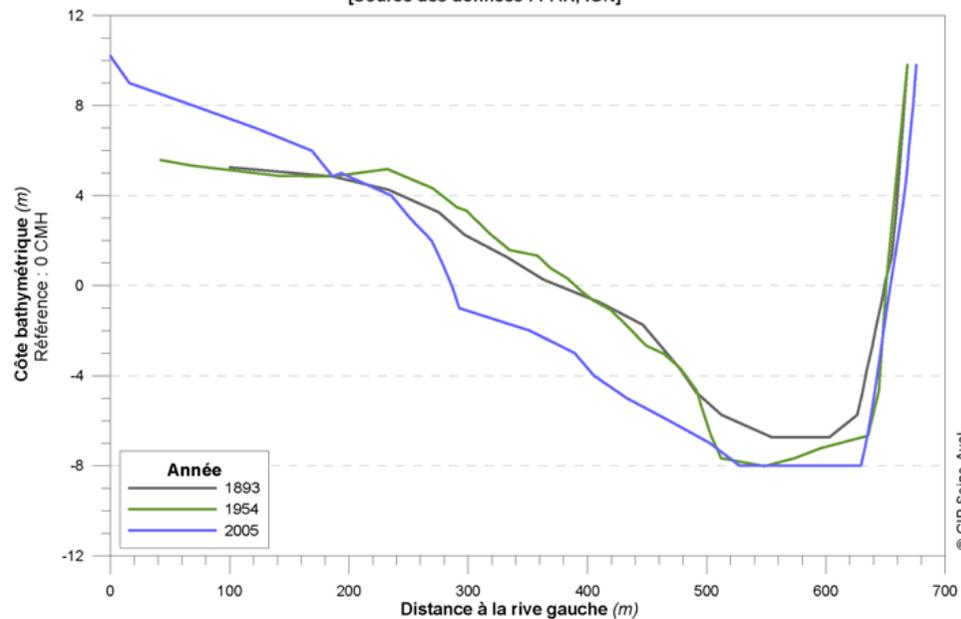
Avant les aménagements, entre Villequier et Quillebeuf, le chenal principal se déplaçait pour ainsi dire à chaque marée dans une section comprise entre 1200 et 1400 m de large (Lavoine, 1885).

Au niveau du transect, la rive droite fait partie des premières sections à avoir été endiguée pour border le fleuve entre 1851 et 1853. Ces premiers ouvrages étaient « expérimentales », constitués de matériaux de mauvaise qualité pour ce type d'usage (calcaire tendre, peu dense et gélif). Elles n'étaient pas protégées contre les contraintes environnementales telles que la houle, la gelée, le mascaret et même le flot lorsqu'elles étaient déjà fragilisées (Reymondier, 1990 ; Lavoine, 1885). De 1866 à 1878, les digues fragilisées et affaissées situées en aval de Caudebec ont été rechargées par les sédiments issus des dragages. Puis, de 1899 à 1905, une digue a été construite à hauteur de Saint Léonard (rive gauche), avec les galets dragués au niveau du banc des Flacques (digue basse à la cote +5.35 m / 0 CMH). A cette période les profondeurs n'étaient pas encore gênantes pour la navigation.

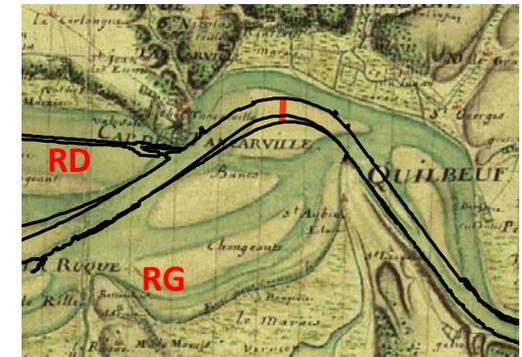
Suite à la loi de 1913, le banc de galets situé entre Vieux-Port et Saint Léonard a été dragué. La digue de Saint Léonard a été exhaussée et prolongée. Elle s'élevait alors à +8.25 m / 0 CMH actuel (carte 1954, PAR). Lors des campagnes de dragages menées entre 1913 et 1950, 8 millions de m³ de sédiments ont été estimés prélevés entre Rouen et Tancarville (et 13 millions de m³ ont été estimés transportés par la Seine) (Reymondier, 1990 ; archives PAR sur l'évolution des fonds, 1954).

De 1983 à 1992, d'importants travaux de dragage ont été effectués dans le cadre du « programme 10 m » afin de garantir 10 m de tirant d'eau à la descente directe, en toute circonstance et non plus que lors de vives-eaux exceptionnelles. Puis, de 1997 à 2000, un programme triennal d'amélioration des accès, « programme 10.30 m », a été exécuté au cours duquel 786 000 m³ de sédiments ont été dragués entre Rouen et Tancarville (PAR, 2007).

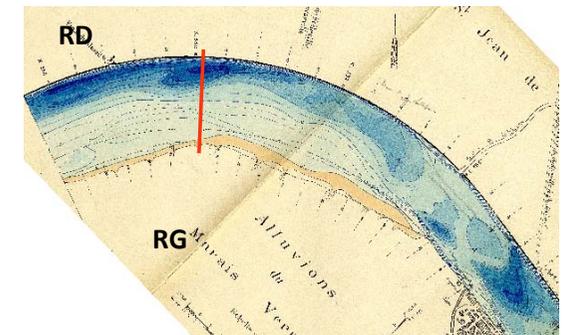
Profils en travers de la Seine au Pk 335
[Source des données : PAR, IGN]



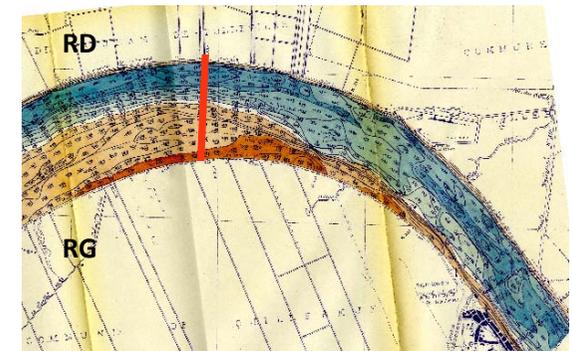
Localisation du transect



Extrait de la carte de N. et J. Magin de 1750 du secteur de Tancarville



Extrait de la carte de 1893 du secteur de Tancarville (source : PAR)



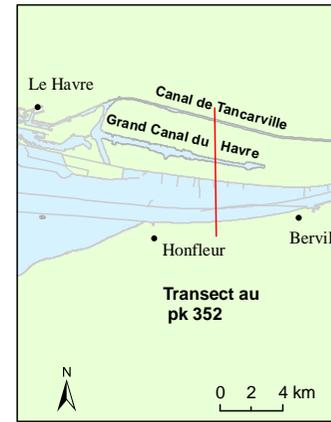
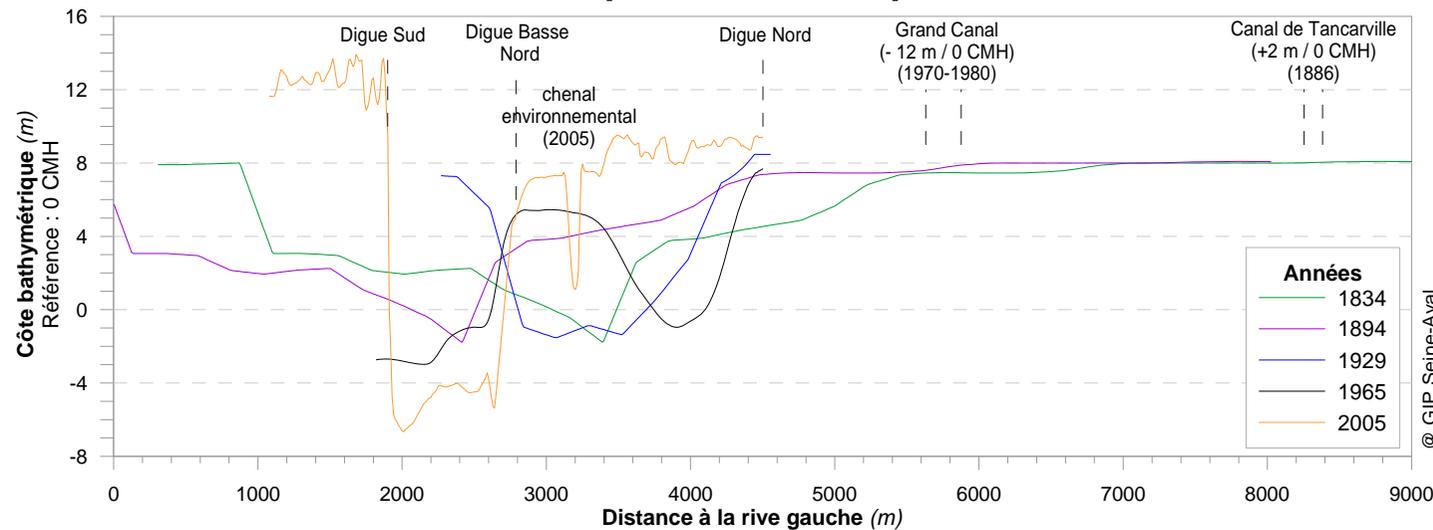
Extrait de la carte de 1954 du secteur de Tancarville (source : PAR)

En aval de Caudebec, les hauteurs d'eau ne dépassaient pas 2.50 m en été avant les travaux. Entre Quillebeuf et Tancarville, la Seine était très sinueuse, très mobile au fil des marées en lien avec les divers bancs sableux du Marais Vernier (Lavoine, 1885). Cette zone représentait un passage redoutable pour les navires avant les aménagements. Du fait de la mobilité des bancs et des faibles profondeurs, un navire pouvait s'échouer là où il pouvait passer la veille (Thélu, 2005). Les premiers travaux ont confiné le chenal dans une section de 600 à 700 m de large dans le secteur du transect, ont stabilisé le chenal en raccourcissant de 4 km le trajet à parcourir entre Quillebeuf et Tancarville et ont permis un approfondissement du lit de plus de 2.50 m par le simple fait de l'érosion (Lavoine, 1885).

La rive droite a été endiguée entre 1852 et 1855. En ce qui concerne la rive gauche, cela s'est fait en plusieurs phases. Une première digue a été construite entre 1853 et 1859. Celle-ci a ensuite été arasée d'un mètre en 1862, atteignant ainsi la cote + 4.85 m / 0 CMH actuel. Puis une seconde digue a été mise en place à environ 240 m en arrière de la première (pour le profil) entre 1899 et 1903, déconnectant partiellement le Marais Vernier de la Seine (cartes PAR).

Le premier profil effectué date de 1893. A cette période, le chenal principal était déjà stabilisé à une profondeur suffisante pour la navigation. Des dragages étaient inutiles à ce niveau. Entre les deux digues situées rive gauche, une grande quantité de vase s'est déposée formant ainsi une vasière au fil et à mesure du temps.

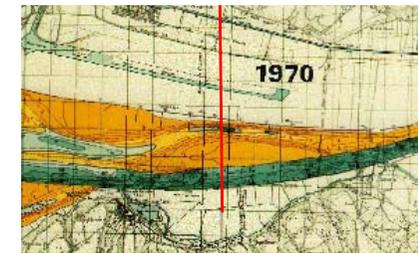
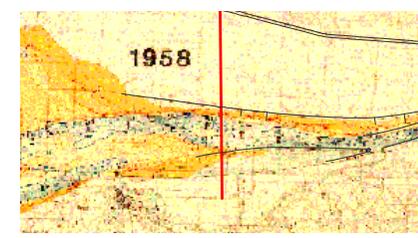
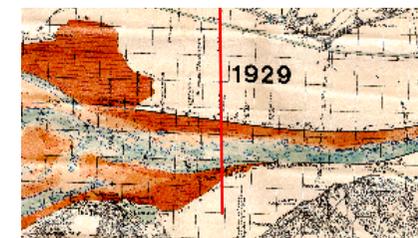
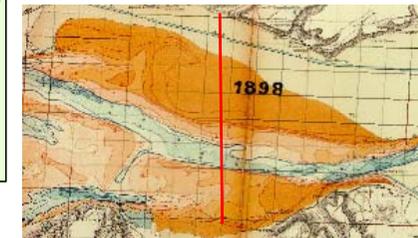
Profils en travers de la Seine au Pk 352
[Source des données : PAR]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750



Cartes bathymétriques de 1898, 1929, 1958 et 1970 (source : PAR)

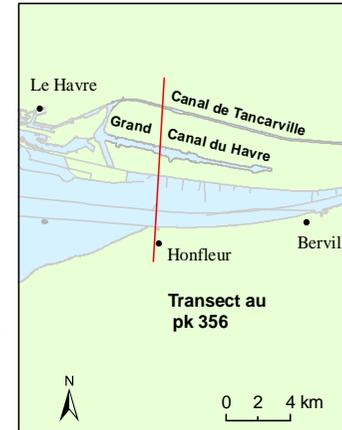
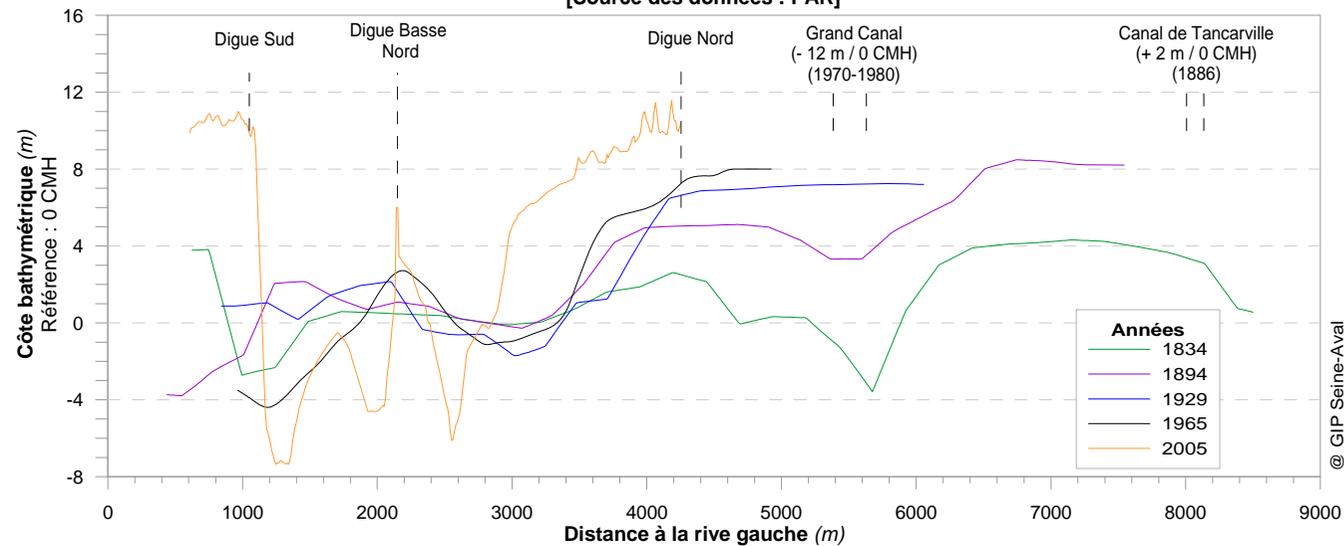
Avant les travaux effectués dans l'estuaire, l'embouchure était une zone très dynamique. De nombreux bancs sableux très mobiles, imprévisibles, se déplaçaient régulièrement dans une large plaine alluviale sous l'action des courants. Ces mouvements faisaient varier la position du chenal de navigation tout comme les hauteurs d'eau. Ainsi, les navires remontant la Seine étaient en général des bateaux n'excédant pas 2.25 m de tirant d'eau au début du XIX^{ème} siècle (Thélu, 2005). En raison de conditions de navigation périlleuses à l'embouchure, le port du Havre a construit le canal de Tancarville permettant de contourner par le Nord cette zone en reliant le port à Tancarville en 1886.

La partie médiane de l'embouchure a été aménagée à partir de la 3^{ème} phase (1896/1922). Le prolongement de la digue haute Nord (DN) suivant la côte + 6 m / 0 CMH a été fait de 1898 à 1905 dans ce secteur. Le processus de comblement de la zone arrière au Nord s'est donc poursuivi. Cet atterrissement a permis le creusement du Grand Canal du Havre (prolongement vers l'Est du port du Havre) dans les années 1970 (cartes PAR).

En parallèle, une Digue Sud convexe a été construite en deux phases (1898/1906 et 1908/1914). Au niveau du transect, celle-ci se situait au niveau de la Digue Basse Nord actuelle et s'élevait à la côte + 8 m / 0 CMH. La digue a eu pour conséquence de dévier le chenal principal vers le Nord qui s'appuyait ainsi sur la digue haute Nord. Ne produisant pas l'effet souhaité, un nouveau tracé de cette digue a été défini et mis en application dans les années 1950. Cette nouvelle Digue Sud élevée à la côte + 9.4 m / 0 CMH, a été terminée en 1959 et l'ancienne a été détruite en deux étapes (en 1933 et 1959). En arrière de la digue convexe (entre 0 et 2800 m) s'était accumulée une grande quantité d'alluvions (de l'ordre de 30 millions de m³) qui ont été dragués entre 1937 et 1955. Ces alluvions ont permis de combler la zone en arrière de la nouvelle digue qui est aujourd'hui à usage agricole. Dans un même temps, la Digue Basse Nord a été prolongée suivant la côte + 6 m / 0 CMH, en parallèle de la nouvelle Digue Sud. Entre les digues Nord, une zone humide s'est formée et a été classée en zone naturelle protégée dans la Réserve Naturelle de l'Estuaire de la Seine. A 3200 m de la rive gauche sur le graphique, un chenal a été creusé en 2005 dans le cadre des mesures environnementales liées à Port 2000.

Concernant les dragages d'entretien du chenal de navigation, des actions ont été menées à partir de 1901. Ces derniers s'élèvent à environ 2 millions de m³ pour toute l'embouchure entre 1901 et 1904, de 3 à 4 millions de m³ dans les années 1980 et entre 4 et 5 millions de m³ depuis les années 1990 (Reymondier, 1990 ; Leroi, 2004 ; PAR).

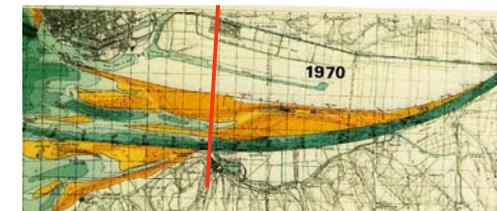
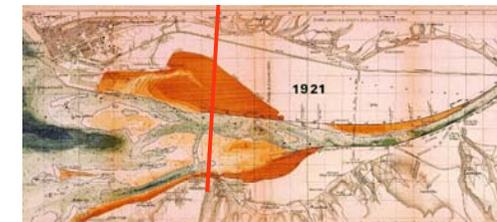
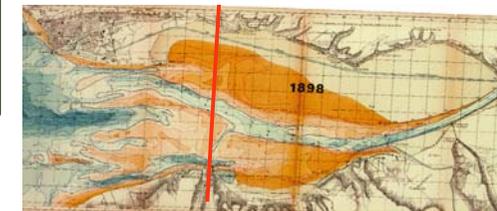
Profils en travers de la Seine au Pk 356
[Source des données : PAR]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750



Cartes bathymétriques de 1898, 1921, 1958 et 1970 (source : PAR)

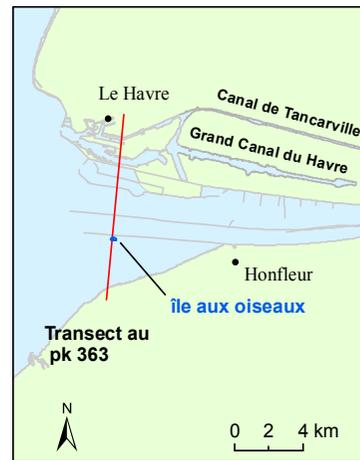
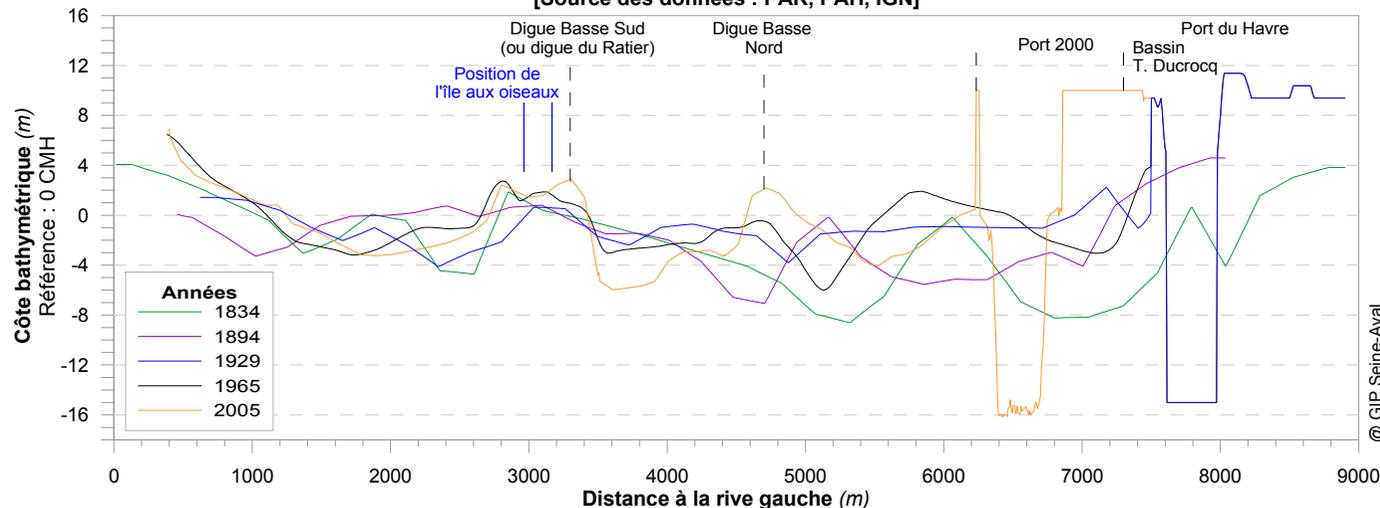
Avant les travaux effectués dans l'estuaire, l'embouchure était une zone très dynamique. De nombreux bancs sableux très mobiles se déplaçaient régulièrement dans une large plaine alluviale, sous l'action des courants, ce qui les rendait imprévisibles. Ces mouvements faisaient varier la position du chenal de navigation tout comme les hauteurs d'eau. Ainsi, les navires remontant la Seine étaient en général des bateaux à voile de 2 ou 3 m de tirant d'eau ou à vapeur n'excédant pas 2.25 m de tirant au début du XIXème siècle (Thélu, 2005). En raison de conditions de navigation périlleuses à l'embouchure, le port du Havre a construit le canal de Tancarville permettant de contourner par le Nord cette zone en reliant le port à Tancarville en 1886.

Dès 1863, des digues ont été mises en place au niveau de l'embouchure allant de Tancarville jusqu'à la confluence avec la Risle puis jusqu'à Honfleur et enfin jusqu'à hauteur du port du Havre. Ces aménagements ont progressivement engendré le comblement de la zone située en arrière de ces dernières (vers le Nord) et l'approfondissement, par érosion, du chenal de navigation. Cet atterrissement a permis le creusement du Grand Canal du Havre (prolongement vers l'Est du port du Havre) dans les années 1970. Les travaux ont en partie contribué à l'obtention d'un tirant d'eau de 10.7 m à la montée pour 97 % des marées en 2007 contre 2.5 m en 1840 (PAR, 2007).

Le transect a été effectué à hauteur de Honfleur. A ce niveau, la Digue haute Nord finalisée en 1920 au pk 356, se situe à la côte + 10.4 m / 0 CMH. La Digue Basse Nord suivant la côte + 6 m / 0 CMH a été construite entre 1950 et 1959 et enfin la digue Sud mise en place à la même période que la précédente, est située à la côte + 9.4 m / 0 CMH. La position et la hauteur de toutes ces digues ont été étudiées de manière à éviter de trop modifier la pénétration de la marée dans l'estuaire. Elles ont toutefois permis d'atténuer le phénomène du mascaret en Seine (grande vague déferlante) et engendré une accélération du comblement de l'embouchure.

Suite à la modification du tracé de la digue Sud (initialement convexe), des dragages ont été effectués entre autre au niveau de ce transect pour amorcer un chenal de navigation en 1958 et 1959. Concernant les dragages d'entretien du chenal de navigation, des actions ont été menées à partir de 1901 s'élevant à environ 2 millions de m³ pour toute l'embouchure entre 1901 et 1904, de 3 à 4 millions de m³ dans les années 1980 et entre 4 et 5 millions de m³ depuis les années 1990 (Reymondier, 1990 ; Leroi, 2004 ; PAR).

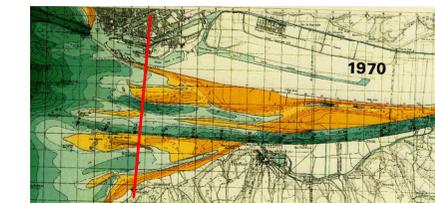
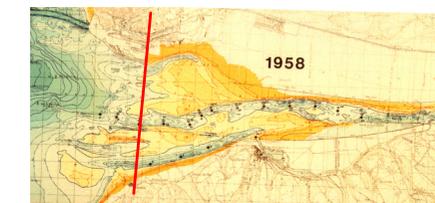
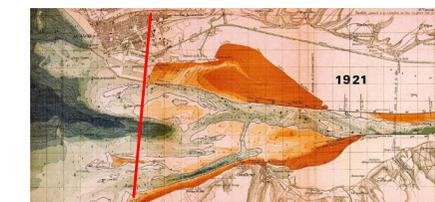
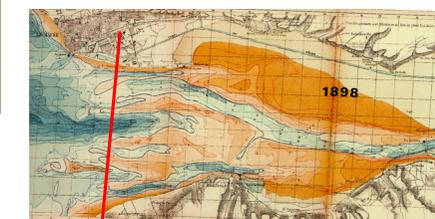
Profils en travers de la Seine au Pk 363
[Source des données : PAR, PAH, IGN]



Localisation du transect



Extrait de la carte de N et J Magin de 1750



Cartes bathymétriques de 1898, 1921, 1958 et 1970 (source : PAR)

Ce transect a été effectué dans la zone dite « de l'engainement » à l'extrémité Ouest de l'embouchure, à hauteur du port du Havre. Dans ce secteur, la Digue Basse Nord (DBN) a été mise en place entre le pk 361 et 365 en 1979/1980, d'une hauteur dégressive d'Est en Ouest allant de + 4.5 m à + 3 m / 0 CMH. Cette dernière a ensuite été prolongée de 700 m dans le cadre des travaux de Port 2000 en 2003. La Digue Basse Sud ou digue du Ratier (située à + 5 m / 0 CMH) a été construite dans le prolongement de la Digue Sud entre 1950 et 1959. Ces deux digues délimitent le chenal de navigation dont les profondeurs sont maintenues par dragage. Les prélèvements effectués dans le chenal de navigation à l'embouchure s'élèvent à 3 ou 4 millions de m³ dans les années 1980 et entre 4 et 5 millions de m³ depuis les années 1990. Les quantités draguées au niveau de la zone de l'engainement représentent les 2/3 de ces valeurs (Reymondier, 1990 ; Leroi, 2004 ; PAR).

Les profils ci-dessus montrent une partie des profonds changements du port du Havre qui s'est développé, étendu, au fur et mesure de l'évolution de la batellerie et de ses besoins en terme de capacité d'accueil. Disposant naturellement d'accès nautiques avantageux, le développement du port du Havre s'est traduit principalement par l'extension de ses bassins portuaires sur des terres de plus en plus gagnées sur la mer. L'un des travaux effectués dans ce but a été le creusement du Grand Canal du Havre dans les années 1970 ainsi que des bassins et accès qui le relie aux infrastructures portuaires préexistantes (l'un d'entre eux se situe à 1000 m sur le graphique). Cet aménagement a été possible grâce au comblement de la partie Nord de l'embouchure. Plus récemment, en 2003 et 2004, un autre agrandissement du port a été effectué : Port 2000. Ces travaux ont consisté en la construction de digues d'enceinte qui ont permis de l'installation de nouvelles infrastructures portuaires avec un chenal d'accès suffisamment profonds (à environ - 16 m / 0 CMH) pour accueillir de plus grands navires (avec un tirant d'eau de 14.5 m pour tout type de marée et pouvant atteindre 17 m avec des aménagements complémentaires du site). Parallèlement, des dragages ont été effectués le long de Port 2000 au niveau de la fosse Nord (vers 3500 m de la rive gauche) jusqu'à la côte - 3 m / 0 CMH ainsi que le prolongement de la Digue Basse Nord cité précédemment et en 2005, la modification de la brèche de la Digue Basse Nord. L'aménagement de Port 2000 porte le volume de dragage d'entretien de tout le port du Havre d'environ 1.5 à 3 millions de m³/an (PAH).

Ces nouvelles digues créent de nouvelles perturbations des courants pouvant impacter les zones naturelles situées en amont. De ce fait, des mesures environnementales d'accompagnement ont été prises comprenant la création d'un méandre en amont du pont de Normandie (cf profils du pk 352) et la création d'un îlot artificiel nommé l'île aux oiseaux au Sud de la digue du Ratier. Les travaux pour mettre en place cet îlot de 5 ha à marée basse et de 1.5 ha à marée haute ont débuté en 2004 et se sont achevés en 2005 (non visible sur le profil transversal de 2005).