



Variabilité spatio-temporelle des turbidités à proximité du Mont-Saint-Michel

Franck Levoy

*Maître de conférence, Unité Morphodynamique Continentale et Côtière,
Université de Caen-CNRS-GRESARC*

Chantal Bonnot-Courtois

*Chargée de recherche, UMR 6554 CNRS, Littoral, Environnement, Télédétection,
Géomatique*

Olivier Monfort

*Ingénieur d'études, Unité Morphodynamique Continentale et Côtière, Université
de Caen-CNRS-GRESARC*

Louis Robert Lafond

Professeur, consultant

Claude Larsonneur

*Professeur, Unité Morphodynamique Continentale et Côtière, Université de
Caen-CNRS-GRESARC*

Résumé

De nombreux travaux de modélisation sont en cours afin de définir les mesures nécessaires pour stopper l'ensablement constaté autour du Mont-Saint-Michel. Pour valider les résultats, une campagne de mesure des houles, des caractéristiques de la marée et des concentrations en matières en suspension a été menée pendant trois mois. La houle, qui joue un rôle important sur la remise en suspension des dépôts fins, amplifie le processus de comblement lié à la dynamique tidale.

Abstract

To stop the observed filling up of the Mont-Saint-Michel Bay, numerous modellings are in progress. To be properly calibrated, a three months field measurements campaign has been conducted to quantify the factors involved in the sedimentation pattern. In that purpose, waves, tidal characteristics and turbidity have been monitored. Actually, wave action, revealed to be efficient in the resuspension of fine materials, enhances of the filling up phenomenon primary due to tidal action.

Introduction

Des mesures d'agitation ont été réalisées durant environ trois mois à l'entrée de la Baie du Mont-Saint-Michel et en zone intertidale, à 500 m au Nord du Mont.

L'objectif est d'analyser l'influence relative de l'agitation et des caractéristiques de la marée sur les transports sédimentaires qui se produisent en suspension à proximité du monument. Les prélèvements ont été effectués, à chaque pleine mer diurne, entre le 8 mars et le 11 juin 1997, à 300 mètres environ au Sud du Mont-Saint-Michel, à proximité du parking ouest (figure 1). La hiérarchisation des facteurs et scénarios hydrodynamiques contribuant à la mobilisation des Matières En Suspension pourra ainsi être mise en relation avec les dépôts sédimentaires s'effectuant à des cotes altimétriques de l'estran relativement élevées (hautes slikkes et schorres) dont l'évolution témoigne d'un colmatage global du système (Bonnot-Courtois *et al.*, 1997).

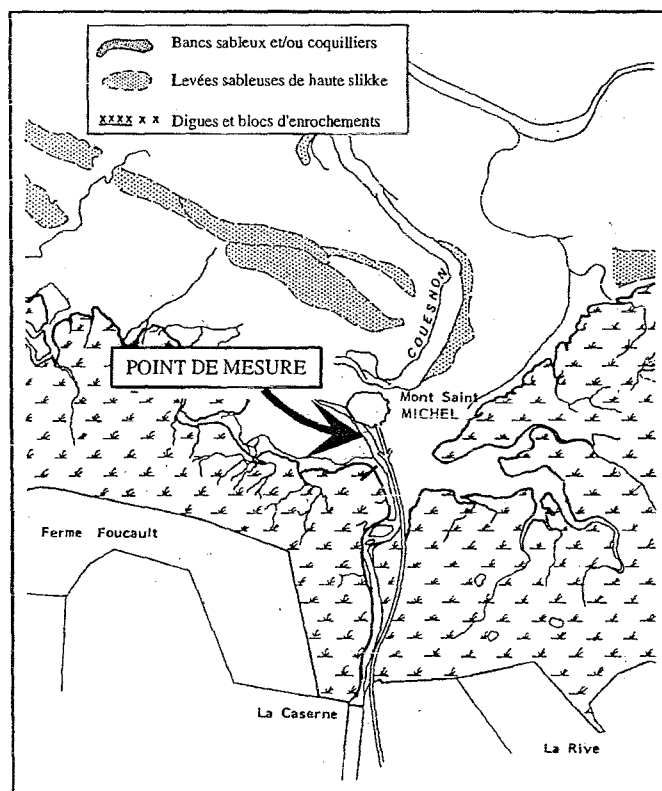


figure 1 : localisation du point de prélèvements

1. Influence des conditions d'agitation sur la teneur en matières en suspension

L'évolution de la turbidité des eaux à proximité du Mont-Saint-Michel au cours de la période de mesure est présentée sur la figure 2. Les concentrations mesurées sont le plus souvent, dans plus de 85 % des cas, inférieures à 0.5 g/l. Seules deux valeurs supérieures à 1 g/l ont été enregistrées le 23 mars (1.09 g/l) et le 11 mai (1.08 g/l). Une succession de pics de turbidité peut cependant être mise en évidence sur la période d'étude.

La hauteur significative des vagues issue des enregistrements réalisés au large par le S.T.N.M.T.E. sur la même période est également présentée sur la figure 2. A priori, aucune corrélation n'apparaît de manière systématique entre la hauteur significative de la houle et la turbidité évaluée au même moment. Les pics de turbidité apparaissent rarement lorsque les hauteurs significatives de la houle au large sont les plus fortes.

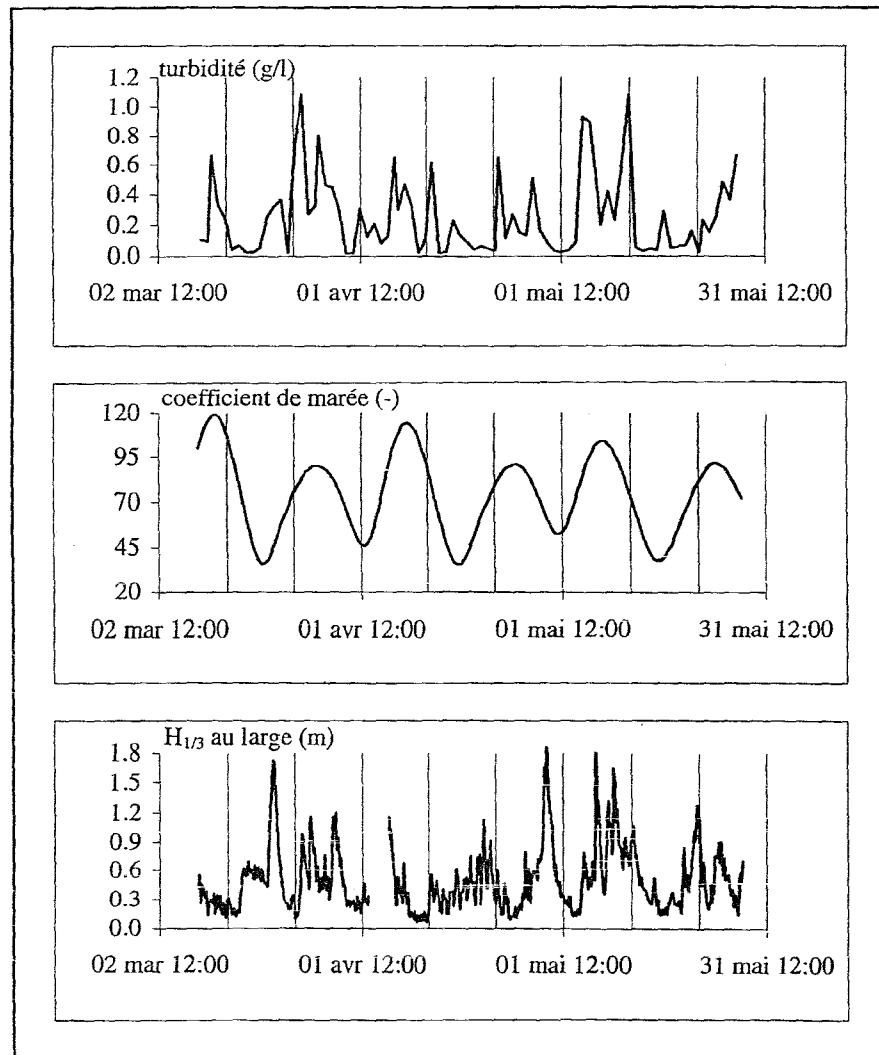


figure 2 : évolution de la turbidité, du coefficient de marée et de la hauteur significative au large

La figure 3 présente la répartition des teneurs en matières en suspension mesurées en fonction de la hauteur significative au large observée au moment du prélèvement. Les limites des classes ont été choisies de façon à contenir chacune un même nombre d'observations. Environ 25 % des hauteurs de houle sont comprises entre 0.12 et 0.26 m, 25 % entre 0.26 et 0.43 m, etc. De même, 25 % des turbidités sont inférieures à 0.06 g/l, 25 % sont comprises entre 0.06 et

0.17 g/l, etc. Cette figure souligne naturellement une décroissance de la proportion des turbidités les plus faibles lorsque l'amplitude de la houle s'accroît. La part des valeurs inférieures à 0.06 g/l passe de 39 %, pour les hauteurs significatives inférieures à 0.26 m, à 10 % lorsque la hauteur de la houle est supérieure 0.61 m. De même, la part des turbidités les plus fortes augmente avec l'amplitude de la houle. Cette relation n'est cependant pas aussi nette. Les turbidités les plus fortes sont dominantes pour les hauteurs de houle comprises entre 0.43 et 0.61 m, pour lesquelles elles représentent 35 % des valeurs mesurées. Leur part est quasiment équivalente (30 %) pour les houles plus fortes.

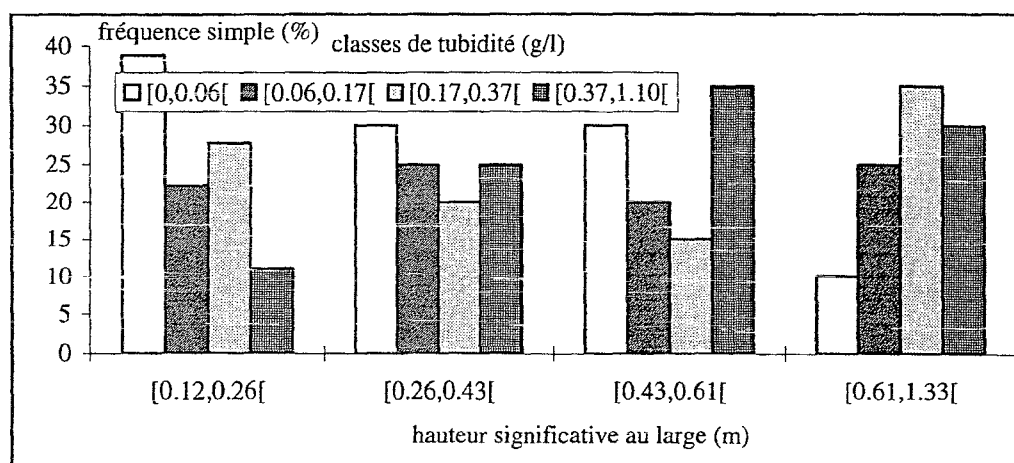


figure 3 : répartition de la turbidité en fonction de la hauteur significative au large

En zone côtière, la hauteur significative la plus proche de l'heure de prélèvement a été retenue comme valeur représentative de la houle au moment de la mesure de la turbidité. L'influence de l'agitation locale sur les transports en suspension apparaît également assez nettement. Les turbidités inférieures à 0.3 g/l représentent 59 % des observations pour les agitations de hauteur inférieure à 0.1 m contre 38 % environ pour les agitations les plus fortes.

Afin d'apprécier l'influence de l'agitation sur les turbidités de manière quantitative, une analyse de corrélation a été menée. L'évolution du coefficient de corrélation entre les turbidités mesurées à pleine mer (instant T) et les hauteurs significatives de la houle à l'entrée de la Baie mesurées plusieurs heures auparavant (T-ΔT) est retracée sur la figure 4.

Ces coefficients, faibles, compris entre 0.11 et 0.18 environ, témoignent de l'absence d'une réelle corrélation linéaire entre les deux paramètres. La relation entre les turbidités mesurées à pleine et les hauteurs significatives de la houle au large évaluées à la basse mer précédente (6 h avant) est la moins médiocre. Il s'agit là d'une agitation qui tendrait à « charger » les eaux en sédiments lorsque

les tranches d'eau sont les plus faibles sur les marges du domaine intertidal de la Baie.

La nette augmentation de la turbidité quand les clapots dépassent 0.5 m, constatée par Nikodic (1981) dans la zone de Cancale, à l'Ouest de la Baie, ne se retrouve pas véritablement à proximité du Mont. Toutefois, les turbidités maximales observées dans cette zone, pour une mer agitée ($H_{1/3}$ voisine de 1 m), ont été environ quatre fois supérieures aux valeurs maximales observées par temps calme.

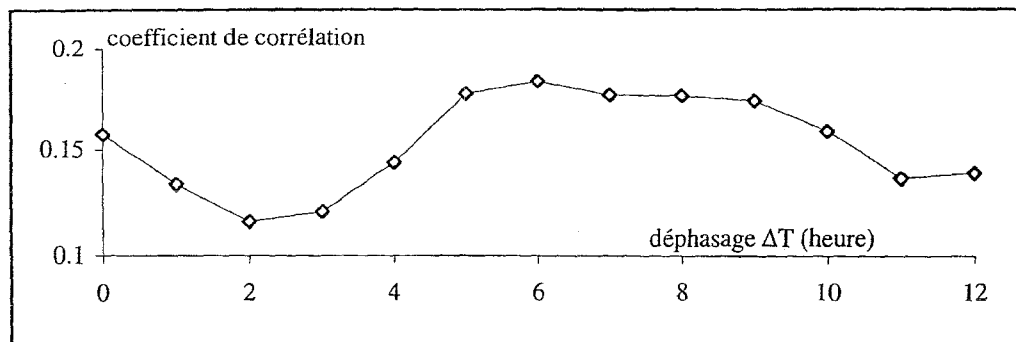


figure 4 : variation, en fonction de ΔT , du coefficient de corrélation linéaire entre la turbidité à T et la hauteur significative au large à T - ΔT

2. Influence des conditions de marée sur les teneurs en matières en suspension

Le coefficient de marée peut être considéré comme représentatif des conditions de marée. En raison de la prédominance de l'onde de marée semi-diurne dans la Baie du Mont-Saint-Michel, il influence, en effet directement, la hauteur d'eau et les caractéristiques des courants observables en un point à un moment du cycle tidal.

La répartition des turbidités, mesurées à proximité du Mont au moment de la pleine mer, en fonction du coefficient de marée montre une relation claire entre les deux paramètres (figure 5). Les faibles concentrations sont majoritaires pendant les périodes de mortes-eaux et de moyennes-eaux. Leur importance chute, par la suite, avec l'augmentation du coefficient de marée. La part des plus fortes turbidités est maximale pour des coefficients compris entre 70 et 95. Elle est un peu plus faible pour les marées les plus fortes. Les turbidités mesurées sont souvent plus fortes en période de revif que pendant la phase de déchet suivante (figure 2).

D'une manière très schématique et quelle que soit l'agitation, les turbidités maximales observées à pleine mer à proximité du Mont-Saint-Michel varient de 1 à 4 environ entre des marées de mortes-eaux moyennes et des marées de vives-

eaux moyennes. Les vives-eaux exceptionnelles étant moins turbides que les vives-eaux moyennes, ce facteur ne varie que de 1 à 2 entre les plus faibles marnages et les plus importants.

Nikodic (1981), ne prenant en compte que les prélèvements réalisés pour une agitation inférieure à 0.5 m, n'a pas mis en évidence d'influence du marnage sur la turbidité. L'environnement de la Baie de Cancale située plus à l'Ouest, caractérisé par ses « mud-flats » (Larsonneur, 1989), apparaît, de ce point de vue, différent de celui du Mont-Saint-Michel.

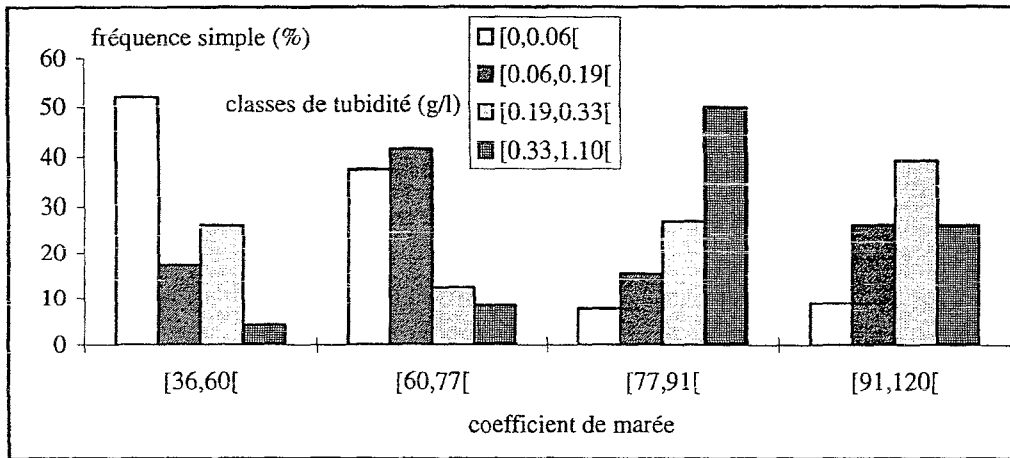


figure 5 : répartition de la turbidité en fonction du coefficient de marée

3. Influence relative des caractéristiques de la marée et de l'agitation sur les concentrations en matières solides

La figure 6 présente le répartition de la turbidité en fonction des conjonctions de la hauteur significative au large et du coefficient de marée.

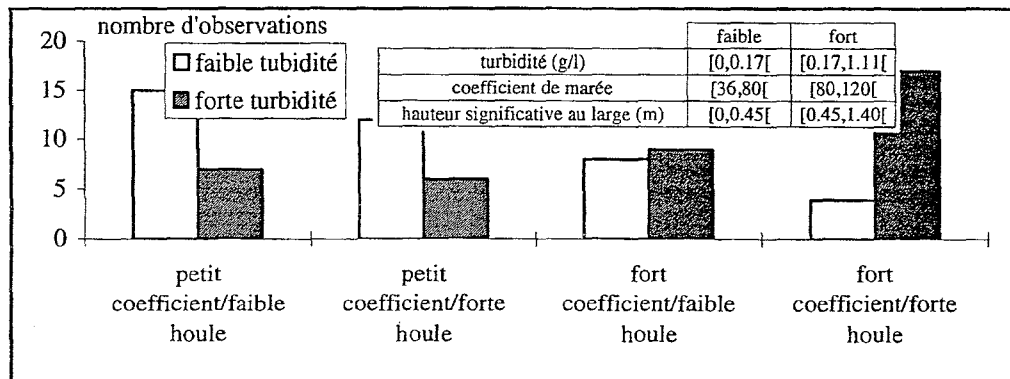


figure 6 : répartition de la turbidité en fonction du coefficient de marée et de la hauteur significative de la houle au large

Les turbidités les plus fortes sont, de façon majoritaire, mesurées pour des conjonctions de forts coefficients de marée et d'agitation soutenue. Les turbidités supérieures à 0.17 g/l sont alors 4 fois plus fréquentes que les concentrations inférieures à cette valeur. De même, les faibles concentrations sont, pour les conjonctions de marée de faible amplitude et les périodes de faible agitation, deux fois plus fréquentes que les turbidités supérieures.

La comparaison de la répartition des valeurs mesurées pour les conjonctions intermédiaires, faible coefficient/forte agitation et fort coefficient/faible agitation, indique une influence prépondérante des caractéristiques de la marée sur celles de l'agitation. Les fortes turbidités représentent une observation sur trois dans les périodes de forte agitation et de faible coefficient contre plus de 1 sur 2 pour les marées de coefficient supérieur à 80 et de faible agitation.

Plusieurs concordances, observées à plusieurs reprises sur la période d'étude, entre les scénarios hydrodynamiques (coefficient de marée+agitation) et les turbidités de pleine mer à proximité du Mont peuvent être dégagées (figure 2) :

(1) les plus faibles turbidités (inférieures à 0.1 g/l) s'observent de part et d'autre d'une marée de morte-eau, juste avant et après les plus bas coefficients. Dans ces cas, les courants trop faibles n'induisent pratiquement pas de transport sédimentaire.

(2) des turbidités intermédiaires (voisines de 0.3 g/l) apparaissent pour les marées de mortes-eaux de plus petits coefficients. La mer atteint à peine le Mont mais peut repousser devant elle une masse d'eau rendue plus turbide par les apports du Couesnon.

(3) les plus fortes turbidités (comprises entre 0.9 et 1.1 g/l) coïncident avec des coefficients de marée voisins de 85 lors des phases de revif, quand le marnage change de manière très importante d'un jour à l'autre, en phase avec des conditions d'agitation modérée (0.8 à 1 m de hauteur significative au large) précédées ou pas d'une période agitée.

(4) les pics secondaires de turbidité (0.5 à 0.7 g/l) s'observent :

- en période de faible agitation (inférieure à 0.4 m environ), lors de marées de vives-eaux précédées d'une phase d'agitation modérée ;
- en période de revif, pour les marées moyennes, après une période de forte agitation (supérieure à 1 m) ;

- en période de déchet, pour des coefficients de marée moyens, en phase d'agitation faible précédée d'une période sans agitation mais après de fortes vives-eaux (coefficient 115) ;
- en période de déchet, pour des marées de coefficient moyen, située après des vives-eaux moyennes (coefficient 95) en période de faible agitation précédée d'une phase agitée (0.8 à 1 m de hauteur significative).

Conclusions

Aux abords du Mont-Saint-Michel, l'influence directe de l'agitation sur les teneurs en M.E.S. n'a pas pu être clairement mise en évidence. Par contre, le rôle du marnage et donc des courants de marée semble beaucoup plus net, ce qui implique l'apparition de cyclicités, semi-diurne et semi-lunaire dans les dépôts de tange (Larsonneur, 1989).

L'influence conjuguée de l'agitation et de la marée sur la turbidité aboutit à de nombreux cas de figures, ce qui rejoint les observations faites sur le terrain concernant les caractéristiques des dépôts sédimentaires : en vive-eau, des dépôts importants ne sont pas toujours observés, notamment lors des plus fortes vives-eaux (Tessier, 1990). Les périodes de revif pour des coefficients de 70 à 95 avec des agitations modérées seraient les conditions les plus propices aux dépôts. Une reprise de sédiments stockés en morte-eau sur la partie inférieure de l'estran, avec des courants d'intensité croissante, jour après jour, (fort gradient journalier de vitesse) serait propice aux fortes turbidités en fond de Baie. Au contraire, en vive-eau, le stock sédimentaire disponible, auparavant transféré vers les parties les plus internes de la zone estuarienne de la Baie, serait réduit, entraînant des turbidités moindres et donc une sédimentation plus faible.

Références

- BONNOT-COURTOIS C., LE RHUN J. et LEVASSEUR J.E., 1997. Evolution géomorphologique des herbues entre la chapelle Saint-Anne et la Pointe de Roche Torin. DDE de la Manche, Mission Mont-Saint-Michel. EPHE, 58 p.
- LARSONNEUR C., 1989. La Baie du Mont-Saint-Michel. Bull. Inst. Bass. Aquit., 46, 5-74.
- NIKODIC J., 1981. Dynamique sédimentaire dans la partie occidentale de la Baie du Mont-Saint-Michel : Influence des installations conchyliques. Thèse de l'Université de Nantes.
- TESSIER B., 1990. Enregistrement des cycles tidaux en accrétion verticale. Thèse de l'Université de Caen. 122 p.