

**CARAC**

**TERIS**

**TIQUES ET**

**MANCHE - MER DU NORD**

**ÉTAT**

**ÉCOLO**

**GIQUE**

# CARACTÉRISTIQUES ET ÉTAT ÉCOLOGIQUE

MANCHE - MER DU NORD

JUIN 2012

## ÉTAT PHYSIQUE ET CHIMIQUE Caractéristiques physiques

### Turbidité

Florence Cayocca  
(Ifremer, Brest).



## 1. INTRODUCTION

### 1.1. DÉFINITION ET MESURE DE LA TURBIDITÉ

La turbidité constitue l'un des paramètres physiques descriptifs de la colonne d'eau. On entend ici par « turbidité » l'obstruction à la pénétration de la lumière dans l'eau, due à la présence de particules solides en suspension dans l'eau. Elle est reliée à la concentration massique de ces particules en suspension, communément appelées « matières en suspension » (MES), exprimée en grammes par litre ( $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Hormis lorsque des filtrations d'eau prélevée *in situ* sont effectuées – ce qui conduit, par pesée, à l'estimation de ces MES –, la mesure de turbidité se fait de manière indirecte, au moyen de capteurs acoustiques ou optiques. La mesure obtenue, exprimée en unités normalisées – le plus communément Nephelometric Turbidity Unit (NTU) ou Formazin Nephelometric Unit (FNU) –, ne peut être transformée en grammes par litre qu'à la suite d'une calibration, qui requiert systématiquement des prélèvements d'eau *in situ*.

Si les observations satellitaires, désormais systématiques, permettent de reconstituer une climatologie de la turbidité de surface, elles ne renseignent pas sur la turbidité dans la colonne d'eau, ni au fond. Cette turbidité est due, d'une part, aux apports terrigènes et, d'autre part, à la remise en suspension par les vagues et les courants, ainsi qu'à la contribution de particules organiques. Du fait de l'atténuation de la pénétration de la lumière qu'elle induit, la turbidité impacte la production primaire, et donc structure la disponibilité de nourriture pour les espèces supérieures de la chaîne trophique, mais aussi la croissance d'espèces végétales benthiques ; les particules en suspension modifient quant à elles les capacités de filtration des bivalves et la répartition des espèces pélagiques, particulièrement des juvéniles. Une analyse plus détaillée des causes et conséquences de la modification de la turbidité est disponible dans la contribution « Modifications de la nature du fond et de la turbidité » du volet consacré aux pressions et impacts.

### 1.2. ACCÈS À LA CONNAISSANCE DE LA TURBIDITÉ DANS LES SOUS-RÉGIONS MARINES

À la différence de paramètres hydrologiques « classiques » mesurés en océanographie depuis des décennies, par exemple température et salinité, les mesures de turbidité à l'échelle régionale sont encore rares, et n'ont jamais fait l'objet de stratégie d'acquisition systématique. Les zones côtières ont en revanche été instrumentées depuis quelques années, particulièrement en zone estuarienne où des mesures en continu sont effectuées, et sur les points des réseaux de surveillance échantillonnés à basse fréquence. Une synthèse des données disponibles a ainsi identifié les mesures effectuées par le REPHY, le ROCCH, (ex RNO), le réseau environnemental SRN (réseau de Suivi Régional des Nutriments), et le RSL (Réseau de Suivi Lagunaire). Ces données sont pour la plupart archivées dans la base de données nationale Quadrigé<sup>2</sup>. Les stations du réseau SOMLIT produisent également des données. Des campagnes à la mer et des travaux de modélisation numérique ont été menés lors de thèses de doctorat, à l'échelle des panaches des grands fleuves français [1] [2] [3] ou à échelle plus régionale [4] [5] [6] [7] mais ces travaux requerraient aujourd'hui une phase de consolidation et d'analyse systématique des résultats aux échelles saisonnières et pluriannuelles afin de décrire correctement la moyenne et la variabilité de la turbidité dans les sous-régions marines françaises.

Cette section s'appuie donc sur la collecte des données de turbidité disponibles auprès des instituts de recherche, universités, autorités locales ou régionales, et sur l'analyse de la bibliographie disponible – publications scientifiques et thèses de doctorat –, afin de proposer une description de l'état des connaissances. À l'exception des informations surfaciques accessibles par télédétection, et qui ont permis d'établir une climatologie, il ne s'agit pas d'une vision synoptique de la turbidité des masses d'eau des sous-régions marines et de leur variabilité, qui n'existe pas encore.

## 2. ANALYSE DES DONNÉES

### 2.1. APPORTS FLUVIAUX

Le panache de la Seine représente l'essentiel de la turbidité d'origine terrigène de la sous-région marine Manche-mer du Nord. Les données de la station MAREL d'Honfleur et les données ponctuelles de la DDEA 76 mettent en évidence, sur les 30 dernières années, un cycle saisonnier avec des niveaux de turbidité maximaux à

l'automne et au printemps, de l'ordre de  $600 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  à Honfleur en moyenne mensuelle, et des valeurs moyennes comprises entre  $380$  et  $500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en été. Ces variations traduisent les déplacements du bouchon vaseux vers l'aval et l'amont, au gré des crues et des étiages. L'existence d'une série temporelle longue a par ailleurs permis de mettre en évidence une modification du régime de turbidité moyen dans l'estuaire, essentiellement entre 1955 et 1975 : l'ouverture du chenal de navigation et le prolongement de la digue nord jusqu'au Havre ont canalisé le fleuve, ce qui a conduit à une migration du bouchon vaseux de  $40 \text{ km}$  vers l'aval, tandis que les concentrations moyennes diminuaient à l'amont [1]. La position du bouchon vaseux s'est ensuite stabilisée, même si la morphologie de l'estuaire a poursuivi ses évolutions, avec notamment une forte diminution des surfaces de vase intertidale [2]<sup>1</sup>. Les apports de MES à Poses montrent par ailleurs une très forte variabilité annuelle, corrélée à la variabilité des débits, avec des flux annuels de MES à Poses variant de  $130\,000$  tonnes à  $1,7$  millions de tonnes par an [8].

Par ailleurs, des travaux de simulation de la quantification des flux de matières en suspension alimentant la sous-région ont été effectués : la modélisation SENEQUE pilotée par l'Agence de l'eau Seine Normandie<sup>2</sup>, et PEGASE pilotée par l'Agence de l'eau Loire Bretagne. Les résultats indiquent que ces flux ont baissé de  $70 \%$  entre 1999 et 2009, avec toutefois un pic notable en 2007 (voir la contribution thématique relative aux « Apports fluviaux en nutriments et matière organique » du volet Pressions et impacts, figure 5). Le flux de la Seine représenterait ainsi en moyenne un peu plus de la moitié du flux total de la région, mais serait depuis 2007 inférieur au flux cumulé des différents « tributaires ».

## 2.2. TURBIDITÉ CÔTIÈRE

Outre les stations MAREL de mesure en continu en estuaire de Seine et à Boulogne, le réseau de surveillance phytoplanctonique REPHY opère un suivi mensuel de différents paramètres hydrologiques sur le pourtour du littoral, dont la turbidité. La fréquence mensuelle de ce jeu de données ne permet pas de conduire une analyse de la corrélation entre la dynamique de la turbidité et le régime hydro-météorologique ; l'utilisation de moyennes peut en revanche fournir des informations sur la dynamique saisonnière, et permet une comparaison avec les climatologies dérivées de l'observation satellitale (voir paragraphe 8.3.4).

Localement, la dynamique de la turbidité a pu être déduite de campagnes de mesures effectuées dans le cadre de projets de recherche, comme le chantier mené par le Programme National d'Environnement Côtier en baie du Mont Saint-Michel, ou les travaux de recherche du Groupement d'Intérêt Public Seine Aval. L'intérêt de ces mesures réside dans la haute fréquence des acquisitions, mais leur durée limitée ne permet généralement pas de déduire des tendances.

## 2.3. TURBIDITÉ RÉGIONALE

Le bassin de la Manche étant peu profond, il est fortement soumis à l'action des vagues sur une grande part de sa surface. Ainsi les remises en suspension locales peuvent-elles être à l'origine d'une augmentation de la turbidité avant même que les processus d'advection et de mélange par la marée, très intenses en Manche, ne distribuent les sédiments horizontalement. Cette importance de la remise en suspension locale est cohérente avec les mesures effectuées en Manche orientale, qui indiquent des concentrations de surface inférieures à  $5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  dans les eaux centrales, tandis qu'elles atteignent  $10$  à  $35 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  dans les eaux dites côtières [7] [9]. Cette différence de régime entre les zones côtières et les eaux centrales se retrouve sur la distribution verticale de la turbidité, avec des gradients surface-fond peu marqués au large, et des valeurs de turbidité plus élevées au fond qu'en surface dans les régions peu profondes où la resuspension locale est prédominante [9]. La variabilité spatio-temporelle de la turbidité en Manche est fortement corrélée au forçage de la marée, des vagues, et de la production primaire (en été et en surface). Une analyse statistique des turbidités de surface montre une influence prédominante du cycle mortes-eaux – vives-eaux superposé à une tendance saisonnière en Manche Est, dans le golfe Normand-Breton et les côtes finistériennes (zones de courants de marée forts). La Manche Occidentale et les abords du golfe de Gascogne sont des zones essentiellement influencées par l'action des

<sup>1</sup> Ces résultats sont antérieurs aux aménagements de Port 2000, qui sont à l'origine de nouvelles évolutions morphologiques de l'estuaire.

<sup>2</sup> <http://www.sisyphe.upmc.fr/piren/?q=seneque>

vagues, mais aussi par la production primaire [10]. On mesure également une variabilité de la turbidité à l'échelle de la marée, avec une décantation aux étales, variabilité d'autant plus prononcée qu'on se trouve près des côtes.

Par ailleurs, la contribution des fleuves aux flux sédimentaires régionaux est peu importante (de l'ordre de 5 % [11]).

## 2.4. TURBIDITÉ DE SURFACE

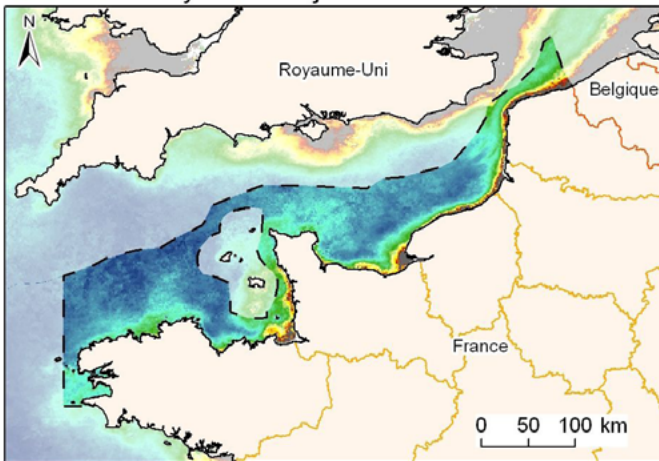
La chlorophylle-*a* et la turbidité sont deux paramètres environnementaux issus des capteurs satellitaires dits de la Couleur de l'Eau. La technique de mesure est dite passive, par opposition aux radars, et est sensible aux nuages. Le principe de base consiste à mesurer le signal (radiance) réémis par la couche de surface océanique après absorption et diffusion de la lumière solaire (irradiance). Dans les eaux côtières, le milieu est optiquement complexe car les matières minérales remises en suspension par le courant de marée et les tempêtes, ainsi que les substances organiques dissoutes colorées véhiculées dans le panache des fleuves vont ajouter leurs effets à l'eau pure et au phytoplancton. Si la chlorophylle est estimée par une technique empirique dérivée du rapport des réflectances Bleu/Vert, les matières en suspension (MES) sont déduites d'un algorithme semi-analytique faisant intervenir les propriétés optiques inhérentes du milieu, l'absorption et la rétrodiffusion. La turbidité est ensuite calculée, à partir de la concentration en chlorophylle (biomasse du phytoplancton) et de la concentration en MES minérales.

Des atlas de turbidité moyenne mensuelle ont ainsi été réalisés à partir des données satellitaires entre 2003 et 2009, après validation grâce à des mesures *in situ* prises le long du littoral, principalement par des réseaux pérennes comme le SOMLIT et le REPHY. Ils reflètent la forte variabilité saisonnière de la turbidité minérale, essentiellement liée à la remise en suspension des sédiments par les vagues en période hivernale (figure 1).

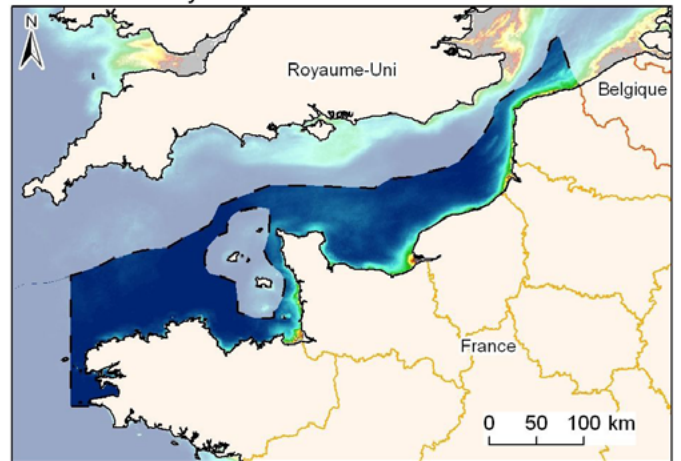
## 3. CONCLUSIONS

Hormis l'information surfacique issue de l'imagerie satellitaire – dont les algorithmes de traitement pour obtenir une information sur les matières en suspension demandent toujours à être perfectionnés, on ne dispose pas de suffisamment de données pour décrire l'état initial de la turbidité à l'échelle régionale. La mise en place de mesures systématiques lors des campagnes récurrentes (comme les campagnes halieutiques), couplée à l'installation de réseaux de mesures en continu à haute fréquence, en particulier devant les grands estuaires, devront pallier ce manque de données. Parallèlement, la mise en place de modèles numériques simulant la turbidité et les transferts sédimentaires, au même titre que sont simulés la température, la salinité, les courants ou les vagues, devra permettre de mieux connaître la dynamique de la turbidité à échelle régionale, et de prévoir ses évolutions.

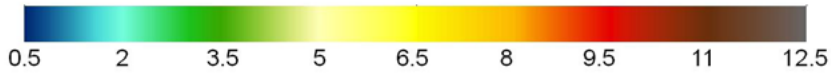
Turbidité moyenne en janvier



Turbidité moyenne en août



Climatologies de la turbidité pour les mois de janvier et août



— — — limite de la sous-région  
| — — | Manche mer du Nord

Projection Mercator (50°N)

Sources des données :  
Gohin - 2011,  
SHOM, IGN, ESRI

Figure 1 : Climatologies de la turbidité pour les mois de janvier et août (12) (Sources : Gohin, SHOM, IGN, ESRI, 2011).

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Brenon I., 1997. Modélisation de la dynamique des sédiments fins dans l'estuaire de la Seine, Thèse de doctorat, Université Bretagne Occidentale.
- [2] Waeles B., 2005. Modélisation morphodynamique de l'embouchure de la seine, Ph.D. Thesis, Université Caen Basse Normandie.
- [3] Dufois F., 2008. Modélisation du transport particulaire dans le Golfe du Lion en vue d'une application au devenir des traceurs radioactifs issus du Rhône. PhD Thesis, Université du Sud Toulon-Var. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/6308/>
- [4] Tessier C., 2006. Caractérisation et dynamique des turbidités en zone côtière : L'exemple de la région marine Bretagne Sud. PhD Thesis, Université de Bordeaux 1. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/2325/>
- [5] Ferré B., 2004. Comparaison de l'effet des tempêtes et du chalutage sur la resuspension et le transport de matières particulaires dans le Golfe du Lion, Thèse de doctorat, CEFREM.
- [6] Ulsès C., 2005. Dynamique océanique et transport de la matière particulaire dans le Golfe du Lion : crue, tempête et période hivernale, thèses Laboratoire Aérologie.
- [7] Guillou N., 2007. Rôles de l'hétérogénéité des sédiments de fond et des interactions houle-courant sur l'hydrodynamique et la dynamique sédimentaire en zone subtidale - applications en Manche orientale et à la pointe de la Bretagne, Université Bretagne Occidentale.
- [8] Lesourd S., 2000. Processus d'envasement d'un estuaire macro-tidal : zoom temporel du siècle à l'heure ; application à l'estuaire de la Seine, thèse de doctorat, Université de Caen.
- [9] Lafite R., Shimwell S., Grochowski N., Dupont J.P., Nash L., Salomon J.C., Cabioch L., Collins M. et Gao S., 2000. Suspended particulate matter fluxes through the Straits of Dover, English Channel: observations and modelling. *Oceanologica Acta*, 23, 6, 687699.
- [10] Rivier A., Gohin F., Bryère P., Pétus C., Guillou N., Chapalain G., 2011. Observed variability of the Suspended Particulate Matter concentration in the English Channel in relation to tide and waves, submitted to *Geo-Marine Letters*.
- [11] Velegrakis A.F., Bishop C., Lafite R., Oikonomou E.K., Lecouturier M. et Collins M.B., 1996. Investigation of meso- and macroscale sediment transport. Hydrodynamics and biogeochemical processes and fluxes in the Channel, Fluxmanche II, Final Report, MAST II, MAS2CT940089, 128-143.
- [12] Gohin F., 2011. Atlas de la Température, de la concentration en Chlorophylle et de la Turbidité de surface du plateau continental français et de ses abords de l'Ouest européen, Rapport Ifremer pour la DCSMM.