

# MILIEUX AQUATIQUES



BELGIAN EARTH  
OBSERVATION

Projets financés par le programme belge  
de recherche en Observation de la Terre  
Telsat 4 (1996-2000)

# Introduction

Les régions côtières ont une valeur écologique exceptionnelle, elles recèlent une biodiversité nettement plus grande que celle des zones situées à l'intérieur des terres. Mais ces régions sont également des pôles économiques importants. Plus de la moitié de la population mondiale vit dans des régions côtières (à moins de 50 km de la mer). Nombre de personnes dépendent de l'océan pour leur subsistance : pêche, activités portuaires, tourisme, etc. Quatre-vingt pour cent de toute l'activité humaine a lieu dans les zones côtières, endommageant inévitablement l'environnement marin par des déversements de pétrole, l'évacuation des eaux usées, l'exploitation du sable, ou la pêche extensive, qui entraîne érosion côtière et sédimentation, et qui cause des pertes économiques dues par exemple aux coûteuses opérations de dragage nécessaires.

Aujourd'hui, on prête une attention renforcée à la conservation des océans et des zones côtières. Par exemple, un programme commun de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN) et du Programme Environnemental des Nations Unies (UNEP), sous l'égide de la Convention de Barcelone (Barcelona Convention), aide les pays méditerranéens dans la création de zones marines protégées et dans l'adoption d'une approche commune de gestion des côtes. La Convention OSPAR (OSPAR Convention) pour la Protection de l'Environnement Marin de l'Atlantique du Nord-Est est entrée en vigueur en 1998, année internationale des Océans (IYO).

Les données satellitaires, optiques ou radar, peuvent être d'une grande aide dans la gestion durable des océans et des environnements côtiers. Dans les zones côtières, les données satellitaires sont utilisées pour localiser les chenaux navigables et pour effectuer des mesures bathymétriques, identifier les bancs de poisson, détecter les déversements accidentels de pétrole, mais également pour observer les lignes des côtes, la qualité de l'eau, la sédimentation et les écosystèmes marins fragiles, comme les récifs de corail et les mangroves. Plus loin, en pleine mer, les données satellitaires sont utilisées pour cartographier les courants, pour mesurer et observer la température de surface de l'eau et pour aider à déterminer les routes maritimes les plus appropriées. Les données radar peuvent également être utilisées pour valider et améliorer les modèles de prédiction de la hauteur des vagues et des tempêtes.



# LA MER DU NORD MULTICOLORE

## LA MER N'EST PAS TOUJOURS BLEUE

La couleur de la mer dépend de sa composition et de la façon dont les composants de l'eau de mer absorbent et/ou reflètent la lumière. La couleur de l'océan varie, par exemple, en fonction de la concentration des sédiments en suspension (sable, boue, argile), du phytoplancton, des matières organiques dissoutes issues de la décomposition végétale, etc. Ce projet d'étude est basé sur cette relation ... mais il travaille en sens inverse. Son objectif est de concevoir des méthodes permettant à partir des mesures prises par satellite de dresser des cartes indiquant la teneur en chlorophylle (indicateur de phytoplancton) et en sédiments en suspension.

## Pourquoi se préoccuper de la couleur de la mer ?

Les nitrates et les phosphates libérés par l'activité humaine (telle que l'utilisation agricole d'engrais) s'infiltrent dans nos rivières pour terminer dans la mer. Ces éléments nutritifs biologiques peuvent considérablement altérer l'écosystème côtier et entraîner une prolifération d'espèces de phytoplancton indésirables (plantes marines microscopiques). Les scientifiques appellent ce phénomène l'"eutrophisation". Conformément aux accords internationaux tels que les Conventions d'Oslo et de Paris, appelées maintenant convention OSPAR, relatives à la prévention de la pollution marine, les pays responsables des problèmes d'eutrophisation sont tenus de prendre des mesures afin de réduire cette pollution. Ainsi, ils peuvent décider soit de limiter l'utilisation d'engrais, soit de construire des installations de traitement des eaux usées. Il existe en outre, pour les Etats, une obligation internationale de contrôle de l'évolution du problème.



Image fausses couleurs de SeaWiFS obtenue par la combinaison des mesures à des longueurs d'onde correspondant au bleu, vert et rouge (© SeaWiFs project, NASA and Orbimage)



Une conséquence visible de l'eutrophisation: mousse "sale" d'origine biologique sur la plage.

# Méthode et Résultats

## COMMENT TRAITER LES DONNEES SATELLITE ?

Les informations relatives à la teneur en chlorophylle de l'eau de mer et à la concentration en sédiments en suspension s'obtiennent par une suite de procédés relativement complexes. En bref, le satellite mesure l'intensité de la lumière émise par la mer. Cette lumière est scannée à différentes longueurs d'onde du domaine visible (allant du bleu au rouge). Le signal subit ensuite une «correction atmosphérique» : il est scindé en 2 composants: l'un provenant de l'atmosphère et considéré comme «bruit», l'autre provenant de l'eau de mer, le signal qui nous intéresse ici, et qui peut ne représenter que 5 à 40 % du signal total. Finalement, on introduit ce composant eau de mer dans le MU-COLOR, un modèle informatique de la couleur de l'océan conçu par l'UGMM. Il transforme l'information optique en cartes indiquant les concentrations des paramètres de qualité de l'eau de mer : la teneur en chlorophylle et la teneur en sédiments en suspension dans l'eau de mer.



Le capteur SeaWiFS mesure l'intensité de la lumière à différentes longueurs d'onde. Ces images montrent les mesures effectuées pour des longueurs d'onde correspondant au bleu (gauche) et au rouge (droite). Une échelle de couleur grise vous permet de déterminer l'intensité de l'image : plus le signal est puissant, plus l'image sera claire.

Image fausses couleurs de SeaWiFS obtenue par la combinaison des mesures à des longueurs d'onde correspondant au bleu, vert et rouge.

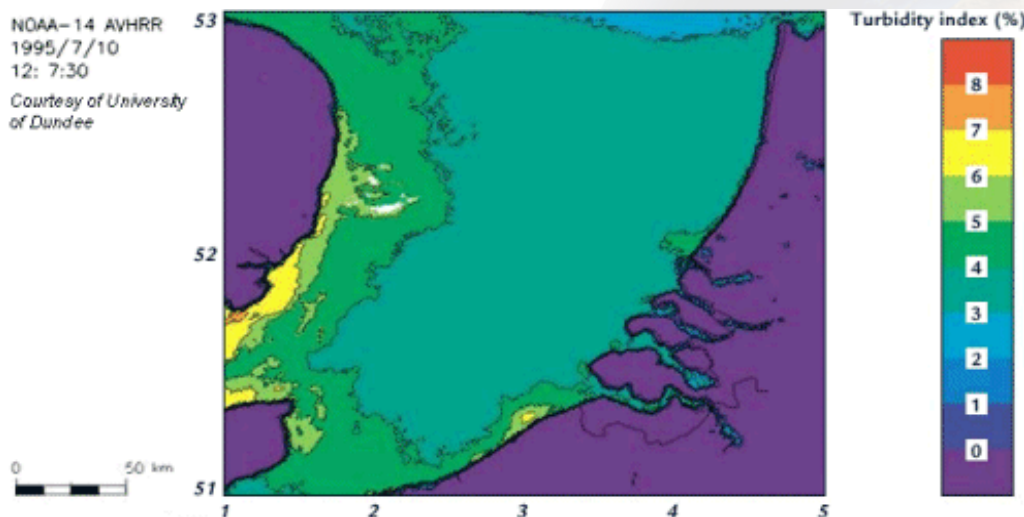


# Méthode et Résultats

## OU FAUT-IL DONC DRAGUER ?

Les cartes relatives aux sédiments en suspension issues de AVHRR et de SeaWiFS démontrent des modèles distincts de concentration élevée liée à une remise en suspension de sédiments stabilisés dans les fonds marins dans des régions peu profondes comme les Bancs flamands et l'embouchure de l'estuaire de l'Escaut. L'illustration vous montre une carte des concentrations en sédiments en suspension obtenue à partir des données du capteur AVHRR. Les concentrations sont illustrées par une gamme de codes couleur allant du bleu (faible concentration) au rouge (forte concentration). Sur cette carte, une région caractérisée par une forte présence de sédiments en suspension peut clairement être vue à quelques kilomètres de la côte d'Ostende (approximativement 3°E).

Les mesures effectuées sur site confirment l'exactitude des cartes dressées à partir de données satellite. Le secteur public et privé comme les consommateurs concernés par le dragage et le déversement de sédiments utilisent ces cartes pour obtenir des informations sur le taux de sédimentation.



Carte de la concentration en sédiments en suspension provenant des données du capteur AVHRR.

Ces concentrations sont représentées par une gamme de codes couleur allant du bleu (faible concentration) au rouge (forte concentration). Sur cette image, une région caractérisée par une forte teneur en sédiments en suspension peut être clairement distinguée à quelques kilomètres de la côte d'Ostende (approximativement 3°E)

## UNE PRISE DE VUE DE LA CHLOROPHYLLE ? PEUT-ÊTRE PLUS TARD

Il n'est actuellement pas encore possible de dresser des cartes indiquant la teneur en chlorophylle à partir d'images satellite. En effet, le signal particulièrement faible de la chlorophylle exige des capteurs extrêmement sensibles à la partie rouge du spectre. La nouvelle génération de capteurs optiques devrait permettre de pallier à ce problème dans un futur proche. Lorsqu'elles seront disponibles, ces cartes permettront au département de la gestion marine de L'UGMM de déterminer plus précisément l'étendue et l'impact de l'eutrophisation côtière et donc de fournir une base scientifique plus solide à la législation environnementale.

# Team

## Coordinateur

Georges Pichot  
Unité de Gestion du Modèle Mathématique de la mer du Nord (UGMM)  
100, Gulledele  
1200 Bruxelles

www: <http://odnature.naturalsciences.be/remsem>  
Tel : +32 (0)2 / 773.21.11  
Fax : +32 (0)2 / 770.69.72  
e-mail : Ocean.Colour@mumm.ac.be

## Partenaires

Collaborateurs  
Fabrice Ovidio (UGMM)  
Kevin Ruddick (UGMM)



# Infos

## Résumé

L'activité humaine (comme l'utilisation agricole d'engrais) libère des nitrates et des phosphates dans la nature. Ces substances s'infiltrent dans les rivières pour finalement terminer leur course dans la mer. Ces éléments nutritifs peuvent considérablement altérer l'écosystème côtier en provoquant une prolifération du phytoplancton indésirable (algues microscopiques). Les scientifiques appellent ce phénomène "l'eutrophisation".

Selon les accords internationaux tels que la convention OSPAR relative à la prévention de la pollution marine, les pays responsables de l'eutrophisation doivent prendre les mesures nécessaires pour remédier au problème. Soit en limitant par exemple l'utilisation d'engrais soit en construisant des installations de traitement des eaux usées. Il existe en outre une obligation internationale qui contraint les pays à contrôler l'évolution du problème.

La qualité de l'eau côtière belge est régulièrement soumise à des contrôles effectués sur des échantillons prélevés par le Navire de Recherche Belgica. Toutefois, il s'avère que le champ d'application spatial et temporel des analyses maritimes soit trop limité pour pouvoir contrôler efficacement les rapides changements quadridimensionnels des paramètres de qualité de l'eau. Par ailleurs, ces contrôles de qualité sont également extrêmement onéreux.

Par temps dégagé, les observations par satellite peuvent compléter ces analyses. En effet, elles fournissent, pour l'ensemble de la région, des prises de vue quotidiennes des deux paramètres de base de l'eutrophisation: les teneurs en chlorophylle et en particules en suspension.

## Région observée

En Belgique, la région d'intérêt pour le projet MULTICOLOR est le Sud de la Mer du Nord située entre les latitudes 51° N et 53° N avec une attention particulière pour la Zone d'Exclusion Economique belge. Les régions colorées englobent la Zone d'Exclusion Economique belge et les points sombres représentent les endroits où le Navire de Recherche Belgica effectue régulièrement des mesures.



## Données utilisées

Habituellement, ce type de recherche est mené par des campagnes de mesurage maritimes. Mais ces campagnes sont onéreuses et ne correspondent pas parfaitement à la réalité. En effet, les mesures ne peuvent s'effectuer qu'à un seul endroit à la fois. Les satellites peuvent compléter ces campagnes en offrant des images de l'ensemble de la région à un même moment. Ils peuvent en outre combler les vides entre les différentes campagnes maritimes en fournissant une imagerie complémentaire.

Les opérations de dragage sont nécessaires afin de maintenir l'accès au port suffisamment profond pour les bateaux, mais leur coût est élevé. L'étude des mouvements sédimentaires à proximité de la côte peut améliorer ces opérations de dragage. Une telle étude recourt à des simulations informatiques et des mesures maritimes. Mais ici aussi, les images satellite des sédiments en suspension peuvent être utiles.

Pour ce projet, les données satellitaires proviennent de la série de satellites NOAA-AVHRR (qui nous renseignent sur les sédiments en suspension et la température de l'eau à la surface de la mer) et du capteur SeaStar-SeaWiFS (sédiments en suspension et chlorophylle). Le capteur SeaWiFS mesure l'intensité de la lumière à un certain nombre de longueurs d'onde différentes. Ces images montrent les mesures faites pour les longueurs d'onde correspondantes au bleu (gauche) et au rouge (droite). Pour connaître leur intensité, ces images peuvent être comparées à une échelle d'intensités de gris : plus le signal est puissant, plus l'image est claire. Les couleurs de l'image SeaWiFS sont fausses et ont été obtenues par la combinaison des mesures à des longueurs d'onde correspondantes au bleu, vert et rouge.

On prévoit d'élargir cette base à un grand nombre de capteurs optiques à distance actuels et futurs (MOS, LANDSAT, SPOT, MODIS, MERIS) par le biais d'une méthodologie générique.

## Quelques ajustements

Les données auxiliaires relatives aux corrections atmosphériques et de l'écume sont issues d'observations météorologiques tandis que les données de calibrage/validation sont fournies par des mesures faites en mer par le Navire de Recherche Belgica. Les analyses de la couleur de l'eau sont effectuées en mer au moyen d'un spectroradiomètre manuel. Ces analyses servent à valider le modèle mathématique qui stipule que la couleur de l'océan dépend de la teneur en chlorophylle et en sédiments en suspension.



Matériel nécessaire au prélèvement d'échantillons d'eau de mer



Les analyses de la couleur de l'eau sont effectuées en mer au moyen d'un spectroradiomètre manuel



# TRANSPORT DES SEDIMENTS

## DRAGUER, MAIS OU ?

La baie de Hai Phong au Vietnam, connaît un régime sédimentaire particulier influencé par le delta du Fleuve Rouge (Sông Hồng), les estuaires d'autres fleuves du nord du Vietnam, les marées et le régime des moussons. Les fleuves apportent plusieurs milliers de tonnes de sédiments par mois dans la baie, principalement durant la saison humide. Les plumes sédimentaires sont nettement visibles sur les images satellitaires optiques LANDSAT TM, SPOT XS et SPOT P.



Dragage



Image Spot Panchromatique (21/10/92) couvrant la zone d'étude

En effet, pendant la saison de la mousson, les intenses précipitations provoquent un ruissellement sur des versants de plus en plus déboisés. Il en résulte une érosion catastrophique et des cours d'eau particulièrement chargés en sédiments. Au contact avec l'eau de mer dans l'estuaire, il s'ensuit une précipitation de ces sédiments qui forment un bouchon vaseux (mud plug) rendant malaisée la circulation maritime et donc l'accès au port de Hai Phong, porte économique du Vietnam. Pour remédier à cette situation, des dragages fréquents s'imposent afin de permettre le passage des bateaux.

Dans cette étude, nous élaborons une méthodologie de traitement d'images satellitaires optiques pour l'étude des régimes sédimentaires, afin d'optimiser les programmes d'acquisition de mesures de terrain onéreux et fastidieux. Les études sur le transport des sédiments et la dynamique du littoral font partie des études préliminaires pour les travaux d'infrastructure portuaire ou marine ainsi que pour localiser les zones à draguer. Ces études sont également effectuées dans le cadre d'une actualisation d'anciennes cartes bathymétriques ou pour contrôler la fiabilité des cartes locales.



Image Radarsat (18/12/96) couvrant la zone d'étude

© Canadian Space Agency / Agence spatiale canadienne. Received by CCRS. Processed and distributed by RADARSAT International

# Méthode et Résultats

## QUELQUES PRELIMINAIRES...

Différentes étapes successives sont nécessaires pour une telle recherche :

- Réalisation d'un masque afin d'éliminer les pixels du continent
- Amélioration de contraste
- Classification des pixels marins
- Superposition avec une carte bathymétrique et le MNT (Modèle Numérique de Terrain) dérivé de la carte bathymétrique



Erosion visible par le déracinement des palmiers en seulement trois ans d'intervalle



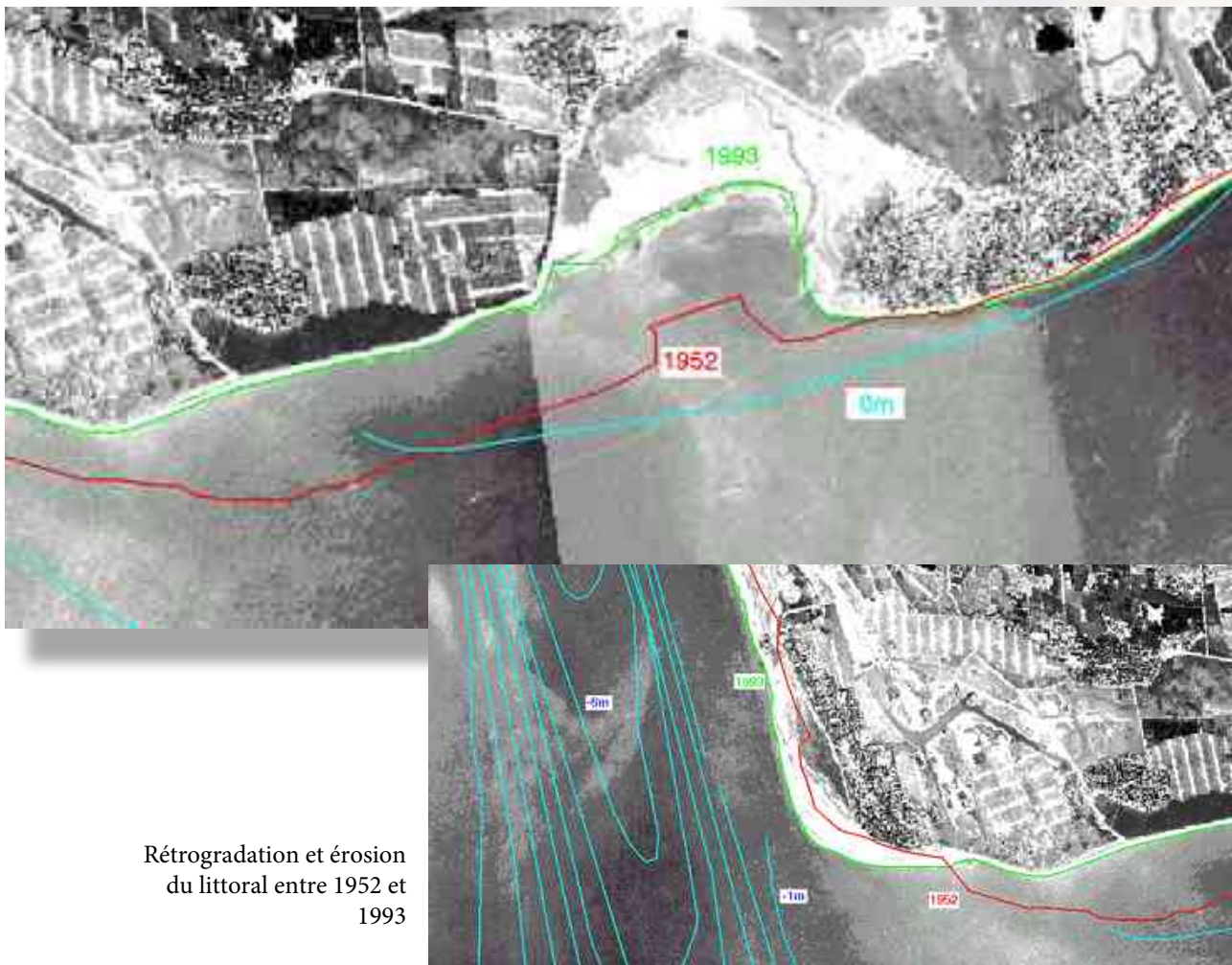
Erosion visible par le dégagement d'anciennes constructions

# Méthode et Résultats

## DYNAMIQUE DU LITTORAL

De manière générale, certaines parties du littoral ont reculé de 100 à 400 mètres en quarante ans dans la baie de Hai Phong à cause d'une forte érosion (comparaison entre les photographies aériennes de 1952 et les images satellitaires de 1993). En comparant la carte bathymétrique et les images satellitaires, nous pouvons également noter la rétrogradation du littoral pouvant atteindre localement 700 mètres entre 1939 et 1993. Par contre, une analyse récente prouve de manière précise que cette érosion n'est pas généralisée avancée du littoral de plus de 60 mètres a été observée entre les images satellitaires SPOT de 1993 et les images satellitaires RADARSAT de 1996. Une avancée du littoral peut aussi être aperçue en comparant les photographies aériennes de 1952 et les images satellitaires de 1993.

Comparaison entre les photographies aériennes de 1952 et les images satellitaires de 1993. Représentation de l'érosion littorale entre 1952 et 1993. Certaines parties du littoral ont reculé de 100 à 400 mètres en quarante ans à cause d'une forte érosion.



# Méthode et Résultats

## TRANSPORT DE SEDIMENTS

### Des plumes et des couleurs

Pour améliorer la visualisation des accumulations sédimentaires, on peut soustraire le canal rouge (du SPOT XS2 ou LANDSAT TM3) d'une image dans laquelle le transport de sédiments est peu visible (durant la saison sèche) par rapport aux informations du même canal d'une image sur laquelle un transport important est visible (durant la saison de la mousson).

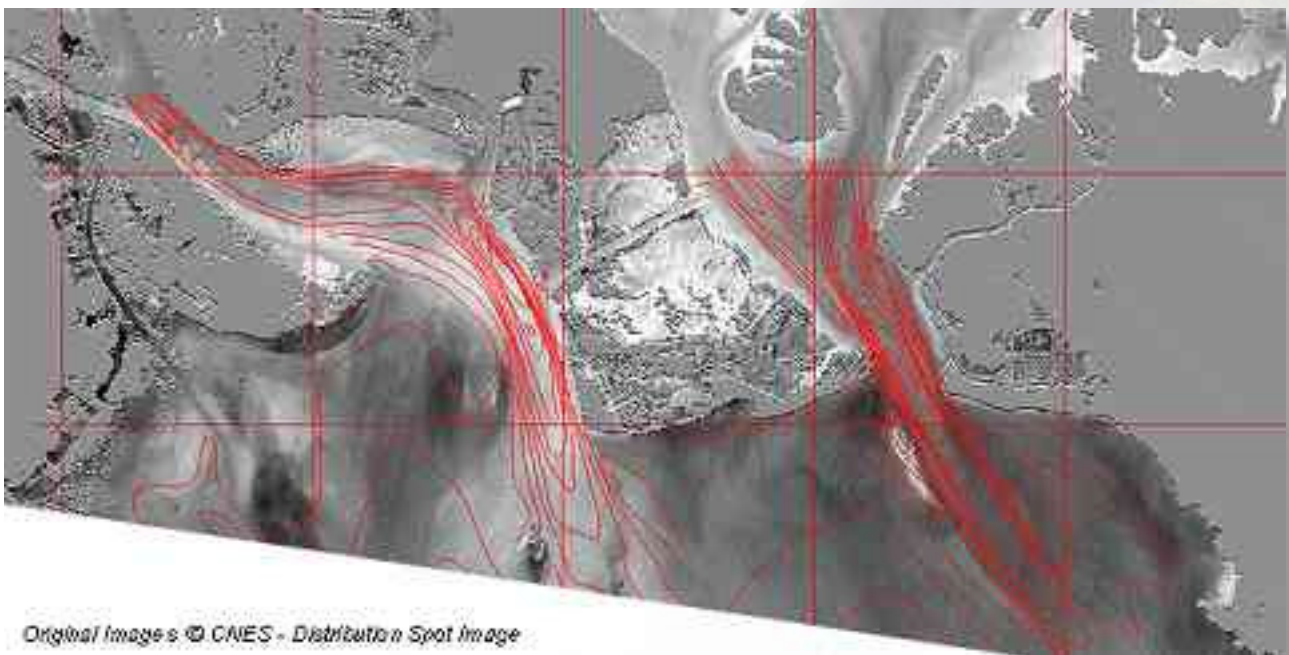
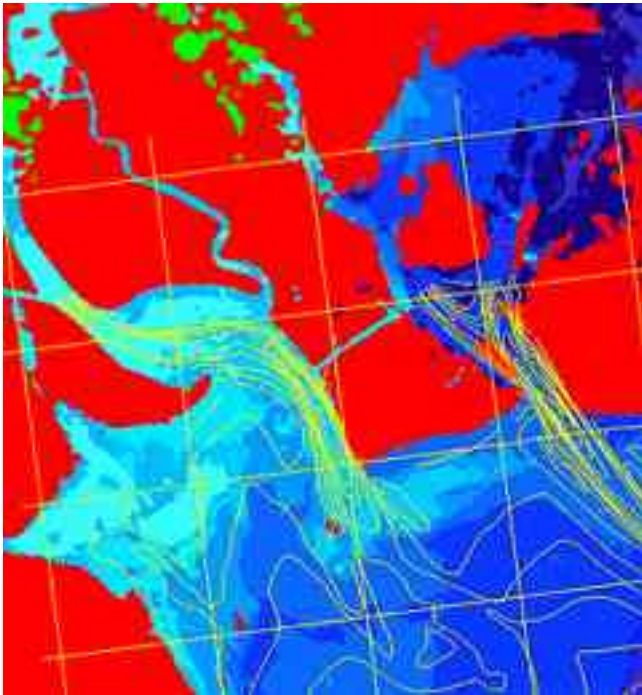


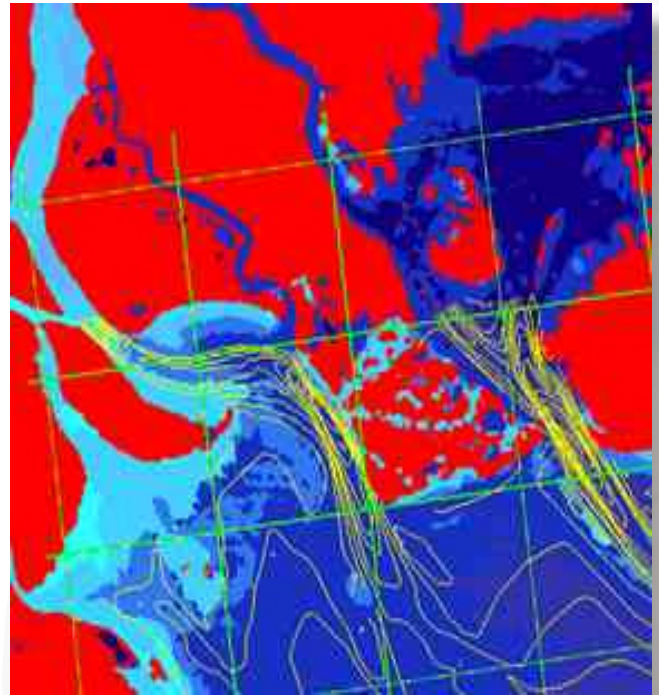
Image différentielle de la zone d'étude entre la bande 2 de Spot XS (31/08/92) et la bande 2 de Spot XS (24/12/94).  
La visualisation du transport des sédiments est ainsi améliorée.

# Méthode et Résultats

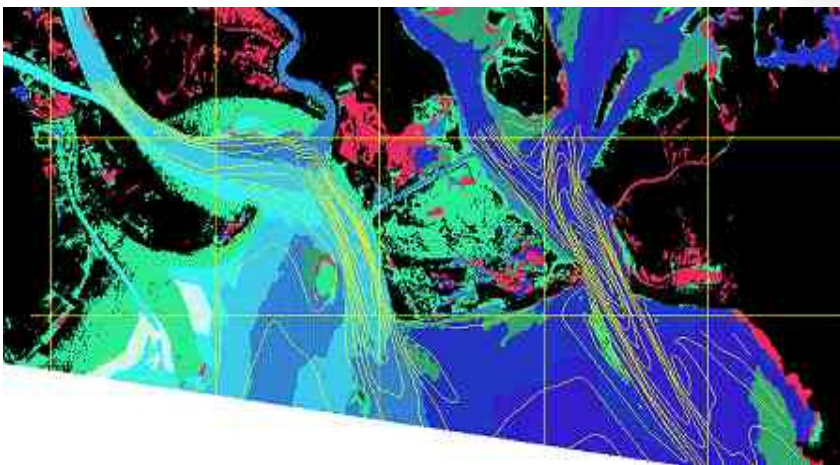
Sur toutes les images satellitaires prises en saison des pluies les plumes sédimentaires sont visibles dans les estuaires de la partie ouest de la baie. Les couleurs des pixels marins sur l'image satellitaire correspondent aux valeurs de concentration de sédiments.



Classification Landsat TM (16/06/89).  
Les plumes sédimentaires sont visibles dans les estuaires de la partie ouest de la baie.



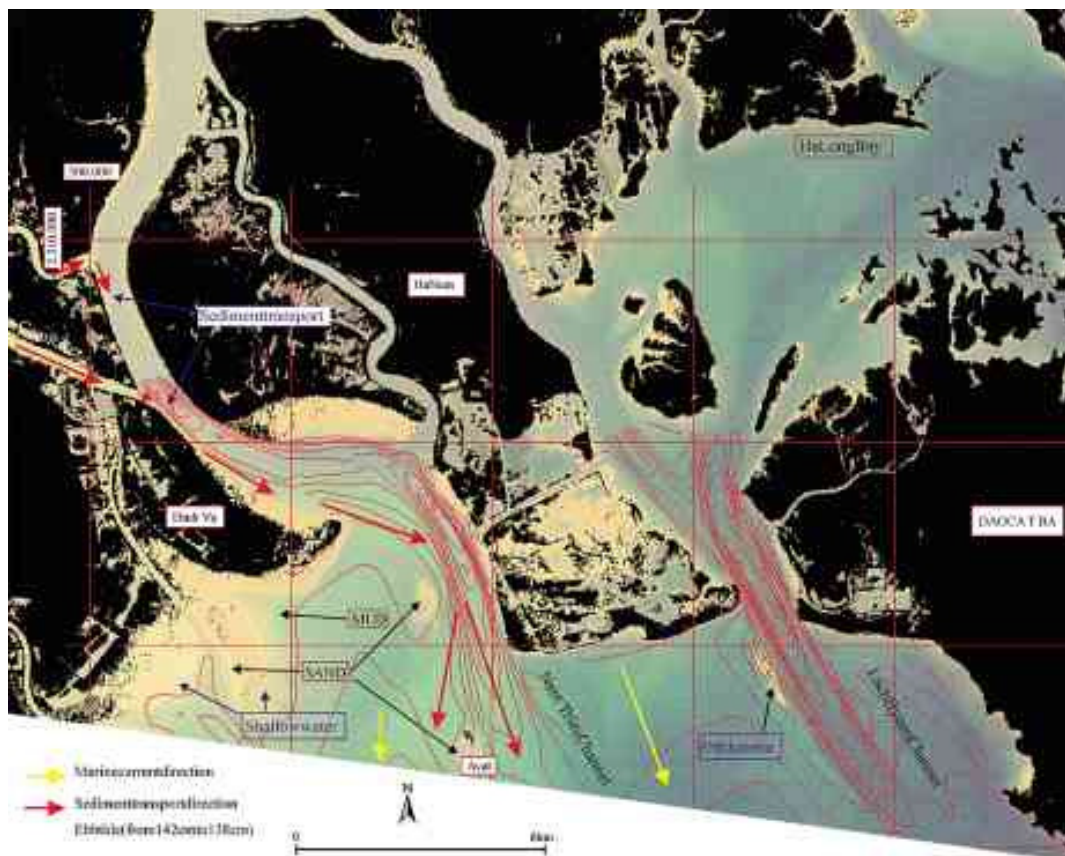
Classification Landsat TM (01/12/92). Les plumes sédimentaires sont peu visibles sur les images prises en saison sèche.



Classification Spot XS (31/08/92).  
Les plumes sédimentaires sont visibles dans les estuaires de la partie ouest de la baie.

# Méthode et Résultats

La distribution des couleurs indique la direction du transport de sédiments (vers le sud).



Direction du transport sédimentaire dérivé des images satellitaires

Sur les images prises en saison sèche, les plumes sédimentaires sont peu visibles. Les valeurs spectrales sont corrélées à la profondeur de l'eau dans la baie et dans les canaux d'accès. Dans le canal Nam Trieu et dans les zones peu profondes de la baie, la valeur spectrale est influencée par le type (sable, sédiments argileux) de sédiments déposés.

## CONCLUSIONS

La précision des cartes obtenues à partir des images satellitaires peut paraître relativement faible à première vue. Toutefois, cette précision suffit pour donner des informations récentes et pertinentes dans la phase de reconnaissance des travaux de génie civil, et ceci dans les contraintes étroites de temps et de budget. L'étude de la dynamique du littoral permet l'exécution d'études d'impact socio-économique, par exemple l'évaluation de l'impact du recul d'une plage sur les activités économiques locales (riziculture, pisciculture, marais salants, tourisme, etc.).

# Team

## Coordinateur

André Ozer  
Université de Liège  
Institut de Géographie  
Laboratoire de Géomorphologie et Télédétection  
Allée du 6 Août, 2 B11  
B-4000 Liège

Tel : +32 (0)4 / 366.54.46  
Fax : +32 (0)4 / 366.57.22  
e-mail : aoz@ulg.ac.be

## Partenaires

Annick Jaspar (ULG)  
Stéphane Risack (ULG)  
Damien Closson (ULG)  
Pierre Ozer (ULG)



# Infos

## Résumé

A l'intérieur des terres, les zones boisées revêtent une importance extrême, car elles retiennent les terres fertiles. Dans le monde entier, ces régions sont soumises à une forte érosion à cause du déboisement, d'énormes quantités de terre arable sont ainsi entraînées par les rivières et provoquent, entre autres, un engorgement des estuaires, ce qui rend difficile la circulation maritime

C'est également le cas au Vietnam, où l'accès au port de Hai Phong est malaisé principalement à cause des précipitations de sédiments apportées par le Fleuve Rouge (Sông Hồng). Au cours de la saison des moussons, de nombreux dragages sont nécessaires afin que les navires puissent circuler.

Localiser rapidement et de manière efficace les zones à draguer revêt une grande importance pour les entreprises chargées de cette opération.

Les images obtenues par satellite ne permettent pas seulement de localiser le transport des sédiments, et donc de faciliter la phase préparatoire des travaux de dragage et d'infrastructure du port, mais permettent également d'actualiser les anciennes cartes bathymétriques.

Là où la ligne côtière est soumise à l'érosion, on peut suivre l'évolution du recul côtier grâce aux images satellitaires, ce qui pourrait être important pour une planification d'un tourisme durable.



## Données utilisées

SPOT P  
SPOT XS  
Landsat TM  
Radarsat