Télédétection, 2002, vol. 2, n° 3, p. 203-212
Des tirés à part sont disponibles auprès de l'éditeur
Droit de photocopie soumis à l'autorisation

© 2002 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions scientifiques GB*
Imprimé en France

Évolution côtière de la région de Tiên Hài, Viêt-nam : exemple de problèmes liés à la photointerprétation multidate dans un pays en développement.

ISABELLE TRÉPANIER et JEAN-MARIE M. DUBOIS*

Centre d'applications et de recherches en télédétection
Université de Sherbrooke, Sherbrooke, Québec, Canada J1K 2R1.
Téléphone : (819) 821-7181 ; télécopieur : (819) 821-7944.
Courriel : jmdubois@courrier.usherb.ca

(soumis le 4 avril 2000 ; révisé le 11 juillet 2000 ; accepté le 21 novembre 2001)

La densification de l'occupation du sol du delta du fleuve Hông (fleuve Rouge) fait en sorte que la ligne de rivage évolue rapidement, surtout par la construction de polders. Afin d'obtenir les données les plus précises possible, des photographies aériennes à grande échelle sont utilisées pour comparer la situation en 1986 avec celle de 1980. Cependant, comme cela arrive parfois dans certains pays en développement, les photographies sont de piètre qualité et, en plus, le Gouvernement vietnamien a enlevé, pour des raisons de sécurité nationale, les données techniques auxiliaires sur la bordure de toutes ces photographies (distance focale de la lentille, heure et date de prise de vue, altitude de vol, niveau). Par contre, des données prises sur le terrain ainsi qu'une superposition minutieuse des photographies dans un SIG à partir de nombreux points de repère permettent de présenter des résultats quantitatifs en termes de superficie relativement fiables ou tout au moins indicatifs. De plus, l'interprétation des deux couvertures de photographies aériennes permet d'obtenir quels types de changements sont survenus entre les deux dates, surtout en ce qui a trait à l'apparition de nouveaux polders ainsi que de piscicultures, à l'augmentation des cultures maraîchères et à la disparition de boisés de filaos.

Mots-clefs : Viêt-nam ; photointerprétation ; images multidates ; évolution côtière ; données auxiliaires ; polders ; couverture du sol ; SIG.

Coastal evolution in the Tiên Hài region, Viêt-nam : example of problems related to multidate photo-interprétation in a developing country

In certain regions of Viêt-nam, the density of population exceeds 700 inhabitants/km^2 and activities related to fishing, fish hatcheries, rice growing and even vegetable growing are very important. In this context, the densification of land cover in the delta region of the Hông River (Red River) results in the rapid evolution of the shoreline specially in the form of the construction of polders. To obtain the most precise data possible, large scale aerial photographs are used to compare the situation in 1986 with that of 1980. However, as occuring sometimes in certain developing countries, the quality of the photographs is poor and, for reasons of national security, the Vietnamese government has eliminated ancillary technical data normally found on the edge of aerial photographs (lens focal distance, time and date of acquisition, flight altitude, level). However, relatively reliable quantitative or at least indicative aerial results can be obtained using digitized coverages in Atlas Draw, distance data acquired on the ground and by the meticulous superimposition of the coverages in Atlas GIS, based on numerous reference points such as dikes encircling polders and used as road support. Based on the interpretation of the two aerial photographic coverages it is possible to distinguish what changes have occured between the two dates. We can observe the appearance of new polders as well as fish hatcheries, an increase in vegetable growing, the disappearance of filao woods and the densification of housing within the village perimeters. The gain in livable land between the two dates is approximately 0,11 km^2 in the form of polders after having substracted losses due to natural coastal erosion.

Keywords : Viêt-nam ; airphoto interpretation ; multidate images ; coastal evolution ; ancillary data ; polders ; land cover ; GIS.

1. INTRODUCTION

Le delta du fleuve Hông (fleuve Rouge) (figure 1) est entouré de collines où l'augmentation des surfaces agricoles par déboisement intensif accélère les processus d'érosion et augmente donc la charge solide des cours d'eau. Ainsi, le fleuve transporte une quantité importante de sédiments oxydés qui lui donnent sa couleur rouge. En conséquence, le littoral s'ensable ou s'envase à certains endroits. Par contre, certains autres secteurs du delta s'érodent. En effet, la population et le milieu naturel sont régulièrement confrontés à des tempêtes qui se produisent lors des moussons d'hiver (novembre à janvier) et d'été (mai à août), lors des typhons qui arrivent du large, plus précisément du sud de la Chine et de l'océan Pacifique, ainsi que lors des orages (Anonyme, 1993). Pendant ces tempêtes, qui peuvent durer de deux à quatre jours et survenir quelques fois par année, on peut observer de forts vents (> 40 m/s) ainsi que des pluies diluviennes, ce qui accélère l'érosion hydrique et littorale.

* Correspondant principal

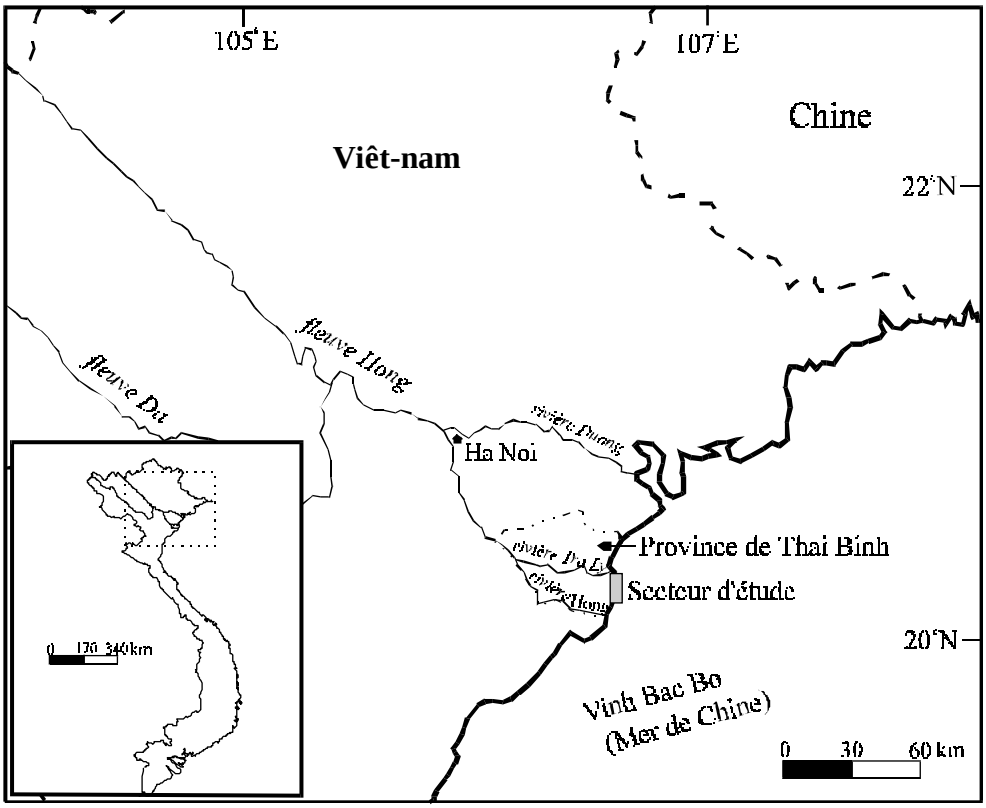


FIGURE 1 Localisation de la zone d'étude. *Location of the study area.*

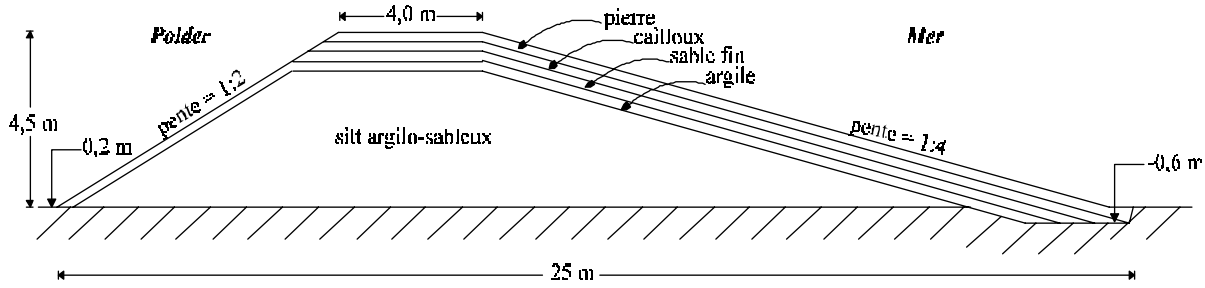
L'occupation du sol dans le delta est très morcelée et la densité de population dépasse les 700 hab./km^2 (S.N.H.V., 1990). Les activités de pêche, de pisciculture, de culture du riz et même de culture maraîchère sont très importantes pour l'économie et le développement du pays : c'est donc pour cela que l'on doit se doter d'instruments permettant le suivi de la dynamique côtière. Pour ce, la télédétection est très efficace (Trépanier *et al.*, 2001) mais, entre l'utilisation d'images satellitaires ou de photographies aériennes, on préfère encore l'interprétation de ces dernières pour des raisons de résolution spatiale.

Dans cette note, nous visons principalement à montrer que certaines régions côtières du Viêt-nam évoluent rapidement, surtout à cause de l'occupation humaine des terres. Nous visons également à présenter des avenues pour contrer tant l'absence de certaines données techniques relatives aux photographies aériennes utilisées que l'absence de données de réalité de terrain concomitantes aux prises de vue. En effet, ces problèmes sont loin d'être négligeables et sont communs à de nombreux pays en développement. Il faut donc faire de notre mieux avec les données et les moyens techniques dont nous pouvons disposer.

2. DESCRIPTION DU MILIEU

L'occupation des côtes du delta du fleuve Hông est surtout marquée par un paysage de rizières et de piscicultures. Les rizières sont quadrillées par des champs où les rangées de riz sont bien visibles et un réseau de canaux d'irrigation très dense. Les canaux prennent généralement naissance à un cours d'eau ou sont approvisionnés en eau par un système de pompage. Le matériel extrait lors de la construction de ces canaux est réutilisé par les paysans pour faire des routes. Dans les piscicultures, nous retrouvons aussi des routes construites avec le même procédé ainsi que de petits cabanons permettant aux paysans d'assurer la surveillance de leur exploitation.

Les habitations sont situées sur d'anciens cordons littoraux, ce qui s'explique aisément par le risque moins élevé d'inondation à ces endroits légèrement surélevés par rapport à l'ensemble du territoire. De plus, les regroupements d'habitations sont systématiquement protégés par des digues constituées de matériaux locaux formés de silt argilo-sableux (figure 2). Sur ces digues est posée une couche imperméable d'argile sur laquelle sont ajoutés des matériaux plus grossiers dont la taille peut aller jusqu'à la dimension des pierres.



Adapté de la Société de la construction des ponts, des voies maritimes et de l'exploitation de la plate-forme continentale du Viêt-nam (1991) .

FIGURE 2 Exemple de configuration et de structure d'une digue. *Example of the outline and structure of a dike.*

Elles sont construites avec une pente forte vers le polder et une pente faible vers la mer. Les digues principales ont de 2 à 4,5 m de hauteur et environ 25 m de largeur à la base. Ces digues permettent de bloquer ou encore de dévier certains cours d'eau. Ce sont des constructions importantes dans le paysage, qui ne changent pas ou peu dans le temps et qui empruntent un tracé habituellement rectiligne. Ces dernières délimitent, à maints endroits, des polders qui permettent l'utilisation de territoires auparavant inondés ou tout au moins fréquemment inondables. Elles sont généralement utilisées par le réseau routier puisqu'elles résistent aux intempéries.

La ligne de rivage est très mobile dans cette région comme nous le verrons plus loin. Le fleuve semble être le principal pourvoyeur de sédiments, essentiellement composés de silt, d'argile et de sable mais certains matériaux marins fins peuvent certainement être apportés vers la côte lors des tempêtes. Sur le terrain, nous avons pu constater que la plage est constituée de sable silteux, sûrement par vannage des particules plus fines facilement transportées au large vers les fonds marins.

3. MÉTHODOLOGIE

Les traitements effectués à partir des photographies aériennes comprennent la photointerprétation, la superposition des données des deux couvertures aériennes et le calcul du bilan des zones d'expansion et des zones de récession de la ligne de rivage.

3.1. Photointerprétation

3.1.1. Données photographiques et de réalité de terrain

Afin d'illustrer notre problématique, nous avons choisi un secteur représentatif pour lequel nous avons réussi à obtenir deux couvertures aériennes, soit celles de 1980 et de 1986 (figures 3 et 4). Nous n'avons pas essayé d'améliorer le rendu visuel des photographies par filtrage car nous voulions que le lecteur réalise pleinement la qualité réelle des photographies. Aussi, pour des raisons de sécurité nationale, semble-t-il, le Gouvernement vietnamien a enlevé, des bordures des photographies, toutes les informations nécessaires à une cartographie de précision, soit l'altitude de vol, la distance focale de la lentille, le niveau ainsi que l'heure et la date de prise de vue (tableau 1).

TABLEAU 1 Informations sur les photographies aériennes utilisées. *Informations on aerial photographs used for this work.*

	Photographies de 1980	Photographies de 1986
Organisme	Service cartographique de l'armée du Viêt-nam	Service cartographique de l'armée du Viêt-nam
Ligne de vol	A13 (ligne 14)	A13 (ligne 1)
Clichés	591 à 593	2858 et 2859
Date	30 juillet*	5 janvier*
Heure	Inconnue	Inconnue
Altitude de vol	Inconnue	Inconnue
Distance focale	Inconnue	Inconnue
Niveau (stabilité)	Inconnu	Inconnu
Échelle	1 : 15 800**	1 : 11 100**
Qualité	Passable	Douteuse

* Renseignements obtenus par l'Institut de géologie du Centre national des sciences naturelles et de technologie.
** Déduite à partir de la réalité de terrain.

L'absence de données sur l'altitude de vol et sur la distance focale de la lentille ne permet pas d'établir l'échelle moyenne des lignes de vol ni l'échelle précise de chacune des photographies. L'absence de données sur le niveau ne permet pas d'établir quels étaient les mouvements de l'avion lors de la prise de vue (tangage et roulis). L'absence de l'heure de prise de vue ne permet pas de faire de correspondance éventuelle avec la hauteur de marée, ce qui serait nécessaire pour évaluer la correspondance de la limite terre-eau. Par contre, avec l'ombrage portée des objets, on pourrait estimer pratiquement à l'heure près le

moment de prise de vue des photographies, ce qui est suffisant en milieu micro-tidal à la condition que la pente de la plage ne soit pas trop faible. Enfin, la qualité des photographies laisse réellement à désirer mais il nous faut accepter de travailler avec les documents disponibles.
Il est certainement possible de les améliorer par filtrage mais ce n'est pas encore une technique à la portée de tous dans les pays en développement.

Il faut également dire que l'interprétation aurait été certes plus difficile s'il n'y avait pas eu de reconnaissance sur le terrain à l'été 1994. Ceci constitue une certaine réalité de terrain pour l'interprétation de la couverture du sol, mais non pour la position de la ligne de rivage. Par contre, avec cette connaissance du terrain, nous pouvions connaître la mesure précise de certains éléments au sol et faire ainsi la correspondance sur les photographies.



FIGURE 3 Photographie aérienne originale de 1980.*Original aerial photograph of 1980.*



FIGURE 4 Photographie aérienne originale de 1986.*Original aerial photograph of 1986.*

3.1.2. Ligne de rivage

L'examen des photographies aériennes en stéréoscopie avec une lunette grossissante 3X nous permet de constater que le littoral est en pente extrêmement faible sur le territoire d'étude, ce qui est confirmé par les travaux sur le terrain. Nous devons donc considérer la limite de végétation du côté de la mer comme élément de référence pour l'évolution entre les deux couvertures aériennes, car cette limite possède généralement la même configuration que la ligne de rivage tout en étant plus stable que la limite terre-eau (Grenier et Dubois, 1990). La végétation n'est affectée que par les fortes vagues durant les tempêtes ou par l'action anthropique, contrairement à la limite des hautes eaux qui subit les variations de la marée, les changements saisonniers des profils de plage en plus des mêmes effets des tempêtes. La ligne de végétation est aussi plus réaliste pour établir la limite d'un territoire « habitable » que la limite terre-eau qui sert à établir le bilan sédimentaire aréal d'une côte, soit la superficie des zones d'érosion et de sédimentation.

3.1.3. Couverture du sol

L'interprétation de la couverture du sol permet de bien saisir l'action anthropique sur le littoral en termes de types d'aménagement tant surfaciques que linéaires et ponctuels. Cette étape s'effectue sur les deux couvertures aériennes en

réalisant des croquis avec une légende pré-établie en fonction des connaissances préalables, mais qui puisse cependant évoluer en cours d'interprétation.

3.1.4. Points de repère

Sur les croquis, nous relevons la limite de végétation ainsi que des points de repère communs aux deux couvertures de photographies aériennes telles les digues principales et les routes. La limite de végétation peut parfois correspondre à des cultures maraîchères, cultures souvent pratiquées en bordure du littoral. Les points de repère relevés sur les croquis doivent être le plus près possible de la ligne de rivage afin de limiter les erreurs de mesure en plus de se situer le plus au centre possible des photographies aériennes. Il est à noter également que les digues délimitent parfois la ligne de rivage, c'est-à-dire que la limite des hautes eaux correspond à la digue la plus près de la mer.

3.2. Superposition des données des deux couvertures aériennes

Étant donné la lacune en informations techniques relatives à la prise des photographies aériennes, il est difficile d'évaluer l'uniformité des informations quant aux distorsions engendrées par les mouvements de l'avion. De plus, nous travaillons avec des photographies de mauvaise qualité aux échelles estimées variant entre le 1 : 11 100 et le 1 : 15 800 environ. Enfin, la carte topographique la plus précise du territoire est au 1 : 25 000 et elle a été réalisée à partir d'une couverture aérienne de 1969. Nous avons donc un problème de précision relativement important. Pour pallier cela, nous réalisons notre propre système de référence en x et en y en prenant le plus de points de repère communs aux deux couvertures aériennes. Ces points ont été relevés lors de l'étape de photointerprétation. À l'aide du système d'information géographique (SIG) Atlas Draw, nous numérisons la ligne de rivage en n'utilisant que la partie centrale des photographies aériennes. Par la suite, comme les deux couvertures numérisées sont effectuées dans le même système de référence, nous fusionnons, toujours à partir du SIG, les données de 1980 avec celles de 1986 pour n'obtenir qu'un ensemble de données. Le résultat est probant car nous pouvons remarquer la concordance entre les points de repère (figure 5), ce qui dénote le peu de distorsion au plan des photographies aériennes.

Enfin, il faut mentionner que l'échelle exacte des photographies aériennes est dérivée de mesures effectuées sur le terrain avec différents éléments de dimension connue.

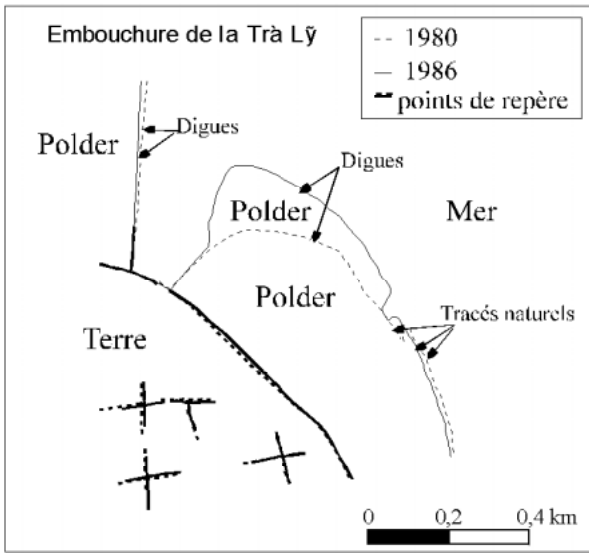


FIGURE 5 Concordance des points de repère sur les couvertures aériennes et évolution de la ligne de rivage entre 1980 et 1986. *Landmarks concordance on aerial photographic coverages and shoreline evolution between 1980 and 1986*

3.3. Calcul du bilan des zones d'expansion et des zones de récession de la ligne de rivage

Pour obtenir des résultats quantitatifs de l'évolution du littoral, nous exportons le fichier comportant les données numériques à partir du SIG vers un fichier texte utilisable dans un chiffrier électronique. Par la suite, nous transformons ce fichier pour pouvoir l'importer vers le logiciel de traitement d'image EASI/PACE de PCI. Une fois l'importation réalisée, nous effectuons un masque binaire sur la végétation pour chacun des fichiers. Nous soustrayons le masque binaire du fichier de 1980 du masque binaire de celui de 1986 et nous obtenons ainsi des valeurs de 0, 1 et –1. Nous obtenons une valeur nulle lorsqu'il n'y a eu aucun changement, une valeur de 1 pour une zone d'expansion (naturelle ou artificielle) et une valeur de –1 pour une zone de récession (érosion). En effectuant le décompte des différentes valeurs, nous obtenons le bilan numérique entre ces zones (figure 6).

L'erreur instrumentale étant estimée à plus ou moins trois pixels, la ligne de rivage peut donc varier de plus ou moins 3 m puisque la dimension du pixel est de 1 m.

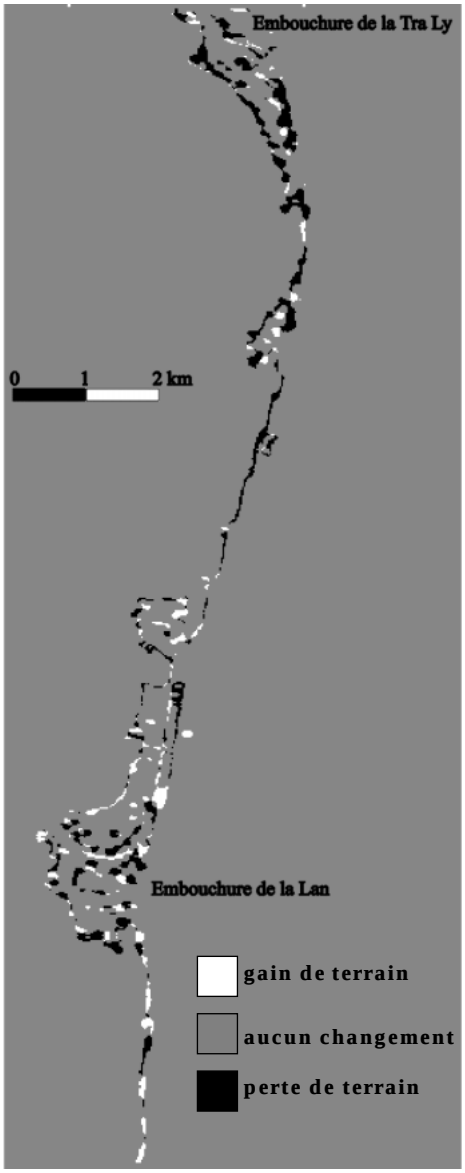


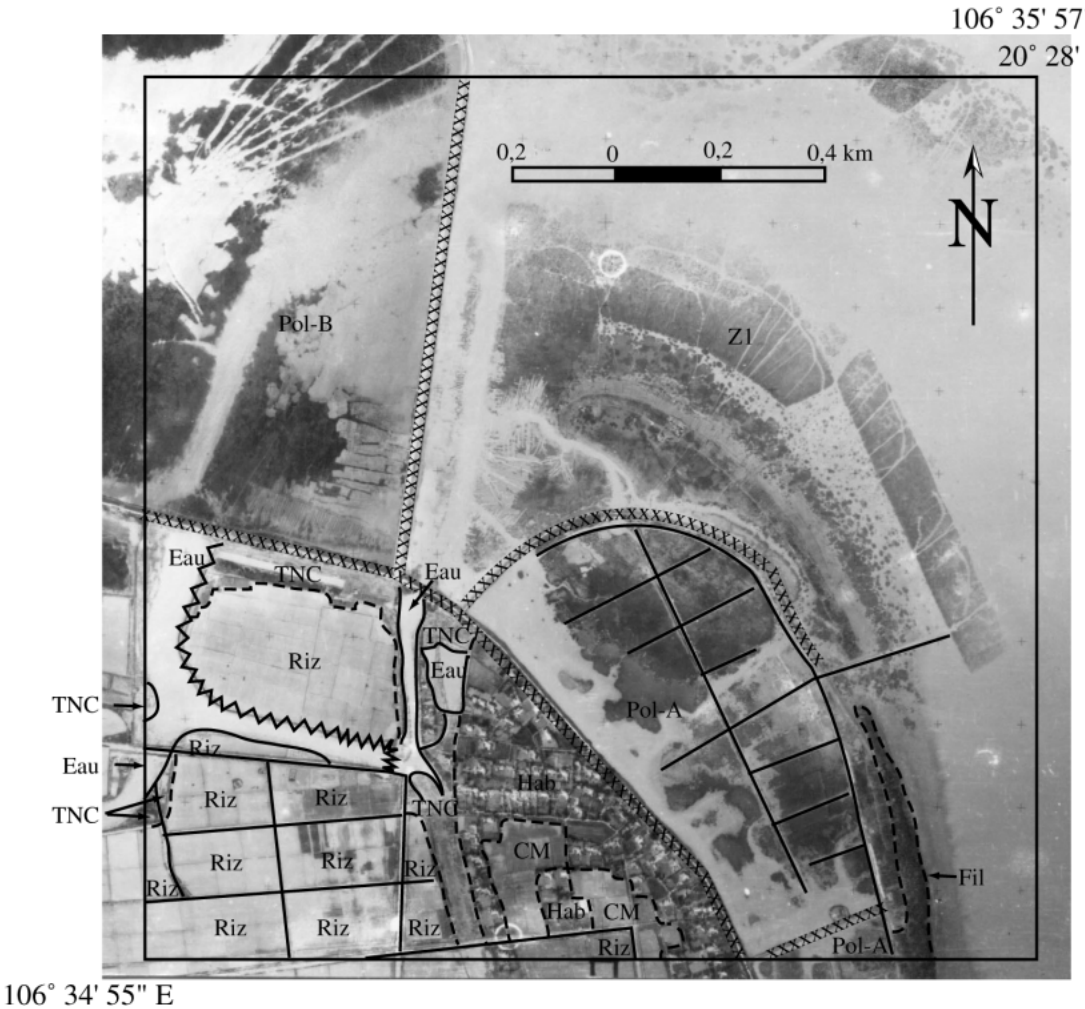
FIGURE 6 Image binaire multidate résultante de la comparaison du trait de côte de 1980 et de 1986 pour l'ensemble du travail. *Multitemporal binary image resulting from the comparison between coastline of 1980 and 1986 for all the study area.*

4. INTERPRÉTATION DE L'ÉVOLUTION DE L'OCCUPATION DU SOL

Le secteur à l'étude se situe dans la province de Thai Bình, plus précisément dans le district de Tiên Hài, aux abords de l'exutoire de la rivière Trà Ly, une des principales embouchures du fleuve Hông (figure 1).

En 1980 (figure 7), on aperçoit un petit village (Hab) à l'intérieur duquel on retrouve de la culture maraîchère (CM) et des rizières (Riz). Sur le côté est du village, une digue principale a été construite. Les digues apparaissent en teintes très pâles et sont, à l'intérieur du secteur d'étude tout au moins, toujours occupées par des routes. Pour les différencier de ces dernières, il faut observer l'emplacement stratégique des digues qui permet aux paysans de gagner du terrain sur la mer. Avec la vision stéréoscopique, la distinction entre les routes et les digues est plus facile car elle permet de percevoir ces dernières surélevées par rapport aux premières. Il est à noter que le tracé des routes n'apparaît pas sur les croquis (figures 7 et 8) afin d'en faciliter la lecture. À l'ouest ainsi qu'au sud des habitations, on cultive le riz. À l'est du village, on remarque la formation d'un polder (Pol-A) à l'intérieur d'une digue principale permettant ainsi son assèchement. Certaines parties du terrain semblent déjà utilisées et on retrouve le système de canaux caractéristique. Au nord du village et à l'ouest de la zone inondable (ZI), une construction semblable (Pol-B), mais beaucoup plus importante, longe la rivière et en diminue considérablement le lit majeur, sinon une partie du lit mineur. À l'ouest du village, on remarque une lisière de terrain non cultivé (TNC) aux abords de la rivière ainsi que dans un ancien bras du cours d'eau. On ne retrouve qu'un petit boisé de filaos (*Casuarina equisetifolia*) (Fil) dans l'angle sud-est de la figure 7.

En 1986 (figure 8), on constate une densification des habitations à l'intérieur et aux abords ouest et sud du village, mais toujours sur la même surface qu'en 1980. La présence de cultures maraîchères ainsi que de petites rizières est encore évidente aux mêmes endroits. Une digue s'est ajoutée pour délimiter un nouveau polder (Pol-C) dont on a commencé à évacuer l'eau. Aux abords externes de ce polder, des zones de culture maraîchère sont apparues, ce qui laisse supposer la future construction d'un autre polder. Au plan de la photointerprétation, ces champs sont caractérisés par de fines rangées de végétation, par leur forme carrée ainsi que par leur faible superficie par rapport aux rizières. À l'intérieur du plus ancien polder (Pol-A), les terres sont beaucoup plus exploitées qu'en 1980. Dans le deuxième polder (Pol-B), localisé au nord-ouest du village, on a commencé à préparer les terres pour la culture sur la pleine superficie avec un système d'irrigation. La superficie des terres non cultivées en 1980 a diminué de façon considérable en 1986 de sorte qu'il ne subsiste qu'une parcelle au centre-ouest de la figure 8, toujours aux abords du cours d'eau. Le boisé de filaos n'a pas résisté à l'érosion puisqu'il est totalement disparu en 1986. Enfin, une partie des rizières, limitée, au nord, par la plus ancienne digue principale ainsi qu'au sud, à l'est et à l'ouest par le cours d'eau, a été transformée en pisciculture (Pis).



xxxxx	: Digue principale	Fil	: Filaos
^^^	: Digue secondaire	Pis	: Pisciculture
_____	: Canaux d'irrigation ou de drainage et cours d'eau	Pol-A Pol-B Pol-C	: Polder
--------	: Limite de zone	Riz	: Rizière
CM	: Culture maraîchère	TNC	: Territoire non-cultivé
Hab	: Habitations	ZI	: Zone inondable

FIGURE 7 Croquis de l'occupation du sol et de la position de la ligne de rivage en 1980. *Sketch of land cover and shoreline position in 1980.*



xxxxx : Digue principale	Fil : Filaos
^^^ : Digue secondaire	Pis : Pisciculture
_____ : Canaux d'irrigation ou de drainage et cours d'eau	Pol-A Pol-B : Polder Pol-C
-------- : Limite de zone	Riz : Rizière
CM : Culture maraîchère	TNC : Territoire non-cultivé
Hab : Habitations	ZI : Zone inondable

FIGURE 8 Croquis de l'occupation du sol et de la position de la ligne de rivage en 1986. *Sketch of land cover and shoreline position in 1986.*

5. ÉVOLUTION DE LA LIGNE DE RIVAGE

Dans le secteur à l'étude, les digues déterminent généralement la limite de la marée haute en défavorisant l'implantation de la végétation, à l'exception d'une petite partie au sud-est où la végétation est parvenue à s'implanter au-delà des digues. Uniquement dans le territoire de l'exutoire de la rivière Trà Ly, le gain de terrain entre 1980 et 1986 a été de près de 0,11 km^2 sous forme de polders (figure 5). Au sud de l'exutoire, on dénote une légère perte de terrain, mais difficile à quantifier de façon significative, entre les deux années, qui correspond en fait au boisé de filaos qui était présent en 1980.

6. CONCLUSION

À partir de cette comparaison à six ans d'intervalle, on remarque aisément l'évolution rapide de l'occupation du territoire au Viêt-nam, marquée par l'acquisition de nouvelles terres exploitables. Cette évolution affecte entre autres la ligne de rivage qui, dans le cas que nous avons présenté, s'effectue sous l'influence de l'Homme et très peu de façon naturelle, sauf dans les secteurs non protégés par des digues.

Nous avons quantifié l'évolution de la ligne de rivage au plan de la superficie mais ici l'évolution était marquée. Pour des zones de variations plus subtiles, nous serions plus prudents au plan quantitatif et nous devrions alors opter pour des résultats plutôt qualitatifs. Grâce à cette méthode, l'aperçu général de la ligne de rivage est exacte, mais la variation observée à partir de la végétation ne nous permet toujours pas de donner des résultats numériques pour évaluer la sédimentation ou l'érosion au plan sédimentologique, n'ayant pas pu déterminer la limite terre-eau et ne pouvant estimer le volume de sédiments.

Jusqu'à maintenant, l'utilisation d'images satellitaires à moyenne résolution, comme HRV de SPOT (Trépanier *et al.*, sous presse) pour ce genre d'étude a dû se faire dans une toute autre optique. Effectivement, la résolution spatiale de ces images ne permettait pas d'évaluer avec autant d'exactitude l'évolution de l'occupation du sol. Cependant, pour évaluer approximativement l'évolution de la ligne de rivage entre deux années, ces images sont avantageuses en ce qui concerne la rapidité d'exécution des traitements, la vision générale du territoire ainsi que la disponibilité des données.

Par contre, on doit encore une fois prendre garde aux résultats quantitatifs puisque l'erreur attribuée est de plus ou moins un ou deux pixels, soit 10-20 m, 20-40 m ou 30-60 m en fonction des capteurs actuels, tels respectivement HRV(P) de SPOT, HRV(XS) de SPOT ou bien TM de Landsat. Avec la génération actuelle de capteurs à haute résolution spatiale, tel Ikonos, il faut prévoir que le problème demeurera même s'il sera atténué. Mais, pour des variations du rivage relativement importantes, on pourra quand même obtenir des résultats numériques d'une bonne précision. Cependant, l'exploitation des photographies aériennes pour ce genre d'étude aura toujours un rôle important en termes de précision et surtout en termes de source de données avant l'ère des capteurs satellitaires.

Remerciements

Nous remercions le Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada (CRSNG) pour le financement de l'auteure principale ainsi que le Centre de recherche en développement international du Canada (CRDI) pour les frais de voyage et de séjour au Viêt-nam. Nous remercions également Pham Van Cu et Pham Quang Son, de l'Institut de géologie du Viêt-nam, ainsi que Ferdinand Bonn et Pierre Lafrance, de l'Université de Sherbrooke, pour leur contribution à l'avancement du projet. Enfin, nous remercions les lecteurs critiques du manuscrit : Gilles Lemieux de l'Université du Québec à Chicoutimi et Marc Deblois de la firme DelDegan, Massé et Associés, de Québec.

Références

Anonyme (1993) Un système d'information environnemental pour le delta du fleuve Rouge au Viêt-nam (SIE Delta). CARTEL et Institut de géologie du Viêt-nam; rapport au Centre de recherche en développement international du Canada, Sherbrooke, 40 p.

Grenier, A. et Dubois, J.-M.M. (1990) Évolution littorale récente par télédétection : synthèse méthodologique. Photo-interprétation, nº 1990-6, p. 3-16.

S.C.E.P.V. (Société de la construction des ponts, des voies maritimes et de l'exploitation de la plate-forme continentale du Viêt-nam) (1991) Projet économique et technique pour la construction des systèmes de digues à l'embouchure Ba Lat, Province de Thai Bình. Hà Nôi, 83 p.

S.N.H.V. (Service national d'hydrométéorologie du Viêt-nam) (1990) Régime hydrométéorologique du district de Tiên Hài. Institut d'hydrométéorologie, Département d'hydrologie deltaïque, Hà Nôi, 43 p.

Trépanier, I., Dubois, J.-M.M. et Bonn, F. (2001) Suivi de l'évolution du trait de côte à partir d'images HRV (XS) de SPOT : application au delta du fleuve Rouge, Viêt-nam. International Journal of Remote Sensing (sous presse).