

# PROCÉDURE DE MISE EN PLACE D'UN SYSTÈME D'INFORMATIONS TERRITORIALES SUR LES ESTUAIRES APPLICATION À L'EMBOUCHURE DE LA SEINE

**Jean-Côme BOURCIER**

Centre Interdisciplinaire de Recherche en  
Transports et Affaires Internationales (CIRTAI)  
UPRESA 6063  
Université du Havre

## **Résumé**

*Cette recherche propose la mise en place et l'exploitation opérationnelle d'un système d'information géographique (SIG) spécifique à l'estuaire de la Seine à travers une base de données géographiques plurithématiques. L'objectif est de concevoir un système d'informations territoriales englobant la diversité des aspects environnementaux du milieu estuarien et présentant un caractère méthodologique transposable. Dans le cadre du programme national de recherche sur les zones humides, ce système a démontré son efficacité en améliorant la compréhension de ces zones par croisement pertinent d'informations géographiques.*

## **Abstract**

*This study means to create and more fully to use a Geographic Information System (GIS) characteristic of Seine river with a pluridisciplinary geographic data base. The aim is to become a Territorial Information System concerning environment of estuaries and to propose a comparative analysis method for other estuaries. Moreover in the National Program of Research about wetlands, this G.I.S. demonstrated its efficiency by growing up knowledges about these areas thanks to pertinent intersections between geographic data layers.*

## **Mots-Clés**

*Base de données géographiques, environnement, estuaire, système d'information géographique, zone humide, estuaire, Seine*

## **Key-Words**

*Data base, environment, geographic information system, wetlands, Estuary Seine river*

Les estuaires ont généralement fait l'objet d'études singulières, monographiques, sans englober l'aspect environnemental dans son ensemble et sans proposer de méthode d'analyse comparative. Cette recherche affiche la volonté d'élaborer un système de gestion territoriale opérationnel sur l'estuaire de la Seine, transposable à d'autres exutoires de l'Europe nord atlantique, en vue d'améliorer et d'optimiser la compréhension du fonctionnement de ce type de milieu.

## **1. Un système d'informations territoriales sur les estuaires**

### **1.1. Problématique estuarienne et appréhension spatiale**

Dans la perspective d'élaborer une méthode d'analyse comparative pour l'appréhension des estuaires de l'Europe nord atlantique, s'affirme la nécessité d'un prolongement opérationnel d'un système d'informations territoriales (SIT) destiné à optimiser la gestion d'un espace géographique original par le biais de diagnostics environnementaux.

En effet, il conviendrait de mettre à disposition d'un décideur ou d'un gestionnaire du milieu toute une palette d'indicateurs spécifiques de manière à traiter les disparités rive droite/rive gauche, les clivages amont/aval, les rivalités et coexistences estuariennes, ainsi que l'omniprésence d'importants pôles urbains et portuaires. Ces cohabitations finissent par produire de véritables zones de conflits d'usage à caractère environnemental fortement marqué.

L'environnement est défini ici comme un maître mot avec une signification scientifique, mais également politique (décisionnelle). Il s'agirait désormais de trouver la solution la plus pertinente à la fois pour les auteurs d'un projet et pour ceux qui, maintenant et dans un avenir plus lointain, en supporteront les conséquences négatives comme positives. Aucun projet, aucune réalisation ne comporte que des avantages. Il convient de reconnaître les inconvénients (pour quiconque) et de comparer bienfaits et inconvénients afin de dégager la solution la plus rationnelle, toujours imparfaite, mais qui peut raisonnablement être acceptée par toutes les parties en cause.

Le rôle du système d'informations territoriales serait à ce stade d'assurer la cohérence spatiale d'un projet aussi bien lors de l'avant-projet, que durant la phase de chantier et après la fin des travaux par la mise en place d'un certain nombre d'observatoires. À cet effet, le système d'informations territoriales pourrait assurer une veille environnementale au lieu d'être utilisé dans le seul cadre des études d'impact (démarche institutionnalisée et purement legaliste). L'évaluation environnementale doit devenir une priorité en dehors même des grands projets de manière à dresser le bilan, à intervalle varié, des grands phénomènes qui trouvent leur inscription dans l'espace estuarien. Ce type d'étude s'impose comme une méthode d'identification, d'organisation et d'évaluation des effets physiques, écologiques, esthétiques, économiques, sociaux et culturels d'un équipement, d'une décision ou d'une situation qui évolue.

Le système d'informations territoriales apparaît alors comme un moyen efficace d'agrégation des connaissances pour confronter les conséquences qui ont trait à des phénomènes aussi différents que ceux qui régissent la structuration spatiale d'un estuaire. L'identification et l'évaluation spécifique des divers aspects environnementaux sont l'affaire des spécialistes de chaque domaine concerné; en revanche, l'évaluation globale des atteintes et de leurs actions cumulées permet d'estimer l'impact global sur l'environnement, et cela n'est plus du ressort d'un seul spécialiste...

## *1.2. Mise en œuvre*

Ce projet fait la promotion d'une créativité dans le management territorial dans le but de créer de nouvelles informations synthétiques issues de la fusion de plusieurs strates d'information.

Dans un premier temps, le traitement d'images satellitaires multi-capteurs, multi-résolutions et multi-temporelles a fourni les informations nécessaires à la connaissance du contexte paysager et de sa cinématique. Les aspects fonctionnels sont davantage identifiés par la prise en compte d'autres sources d'informations à caractère spatial, économique et statistique... issues d'autres bases de données: base de données cartographiques et base de données altimétriques de l'IGN, recensement général de la population à plusieurs niveaux d'agrégation de l'INSEE, compléments in situ...

Un travail d'initialisation a débuté sur l'estuaire de la Seine, pour lequel nous disposons d'ores et déjà des principales données; très rapidement il est envisagé de tester le caractère transposable des traitements et des représentations territoriales sur un estuaire britannique à l'aide d'une scène satellitaire SPOT (embouchure de la Solent). Les missions sur le terrain déjà programmées, apporteront les connaissances nécessaires aux opérations supervisées et à la structuration des fiches de renseignements attribués à chaque objet géographique.

Après cette première phase de validation pourront commencer les analyses comparatives spatio-thématiques entre estuaires, particulièrement orientées sur les aspects sensibles de ces territoires singuliers qui auront été répertoriés. À l'issue de cette recherche, il est prévu de publier une première grille d'analyse comparative multicritère des estuaires de l'Europe nord atlantique.

Le système d'informations territoriales de l'estuaire de la Seine vise la mise en cohérence, de toutes les facettes d'une même réalité; ainsi structurées, les données d'un même espace pourront être simultanément

intégrées au cours d'une même analyse, afin de mieux définir les objectifs environnementaux et d'étayer les raisonnements en matière d'aménagement et de planification touchant à l'estuaire. À cet effet, il faut souligner la mise en place progressive de l'Observatoire des marais et estuaire de Seine, qui est actuellement en partie subventionné dans le cadre du programme national de recherche sur les zones humides (PNRZH - GIP Hydrosystèmes et Ministère de l'Environnement).

### 1.3. L'Observatoire des marais et estuaire de Seine

Composante essentielle du système d'informations territoriales sur l'estuaire de la Seine, cet observatoire offre l'originalité d'une mise en cohérence de bases d'informations géographiques issues de recherches pluridisciplinaires axées sur la structure, le fonctionnement et la gestion des zones humides. Sédimentologie, géologie, hydrologie, biodiversité des habitats et des herbivores, zoobenthos, avifaune, écotoxicologie, contaminants, sont autant de thèmes nécessaires à la compréhension globale des zones humides en vue de leur restauration, de leur maintien et de leur développement futurs; les milieux estuariens présentent une variabilité et des caractéristiques spécifiques à divers niveaux d'organisation qui expliquent la multiplicité de ces axes d'étude. Chacune de ces informations spatiales est géoréférencée et chaque niveau d'information est harmonisé avec les autres ce qui autorise, à des échelles très variées, l'acquisition de la globalité des renseignements relatifs à la problématique.

Sur le plan administratif, l'étendue géographique de l'Observatoire des marais et estuaire de Seine concerne les deux régions normandes (Haute et Basse Normandie), trois départements (Seine-Maritime, Eure et Calvados) et trente communes du littoral estuarien (fig. 1), en plus des circonscriptions de deux Ports Autonomes (Le Havre et Rouen). Dans la perspective d'une gestion concertée pour un intérêt commun, il s'agit là d'une difficulté de cloisonnement administratif qui devra être dépassée...

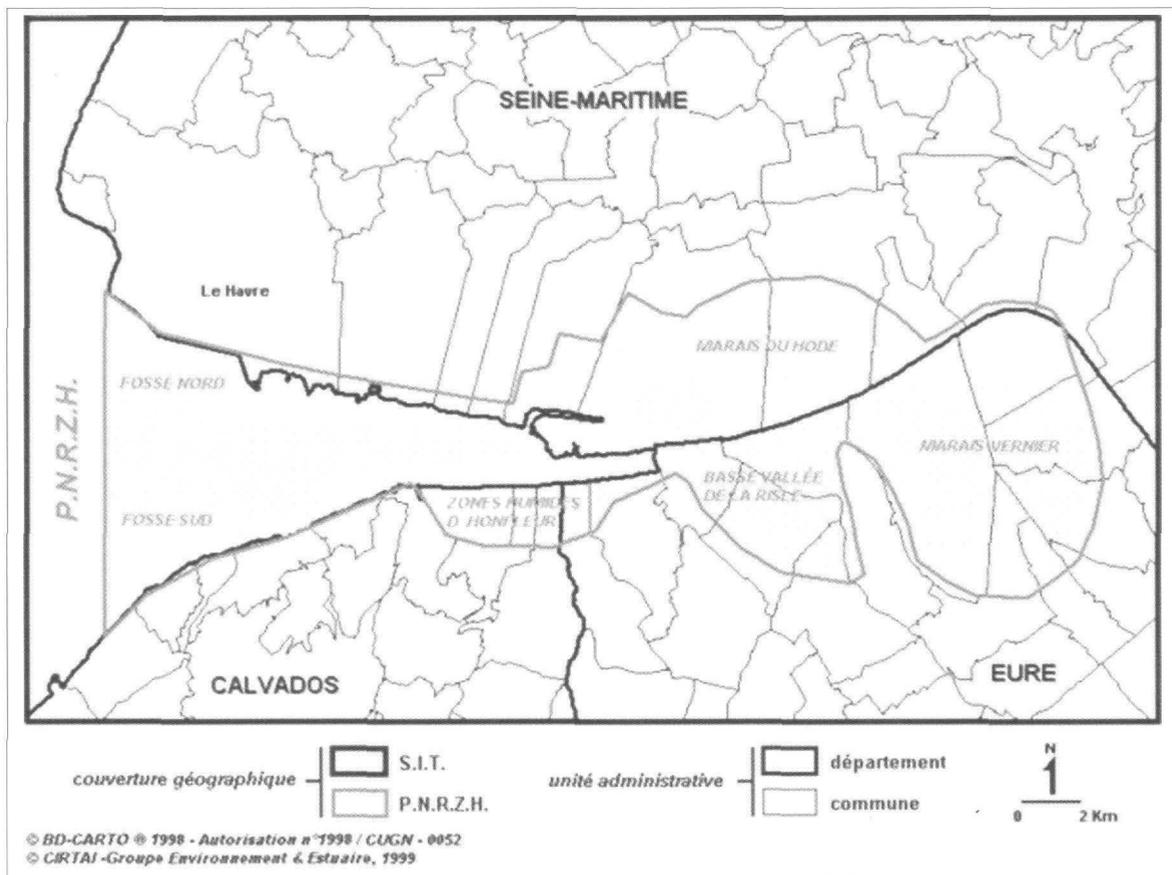


Figure 1 - L'Estuaire de Seine : zones d'études

## 2. Application au marais du Hode

L'utilité d'un observatoire des zones humides lié intrinsèquement à un système d'informations territoriales fut testée sur l'approche hydraulique du marais du Hode qui affiche une vocation à la fois industrialo-portuaire et naturelle (fig. 2). La nécessité de comprendre son hydrodynamisme permettrait d'engager des mesures de gestion adéquates pour chacun des futurs terrains et d'entamer une concertation constructive entre les différents acteurs.

Dans ce contexte, l'Observatoire des marais et estuaire de Seine a permis une approche hydraulique du marais du Hode par recoupement d'informations pertinentes pour sa compréhension hydrodynamique: il s'agit des facteurs naturels tels la topographie, l'hydrologie et l'hydrogéologie dont l'analyse croisée permet une taxonomie des secteurs humides de ce sous-système estuarien.

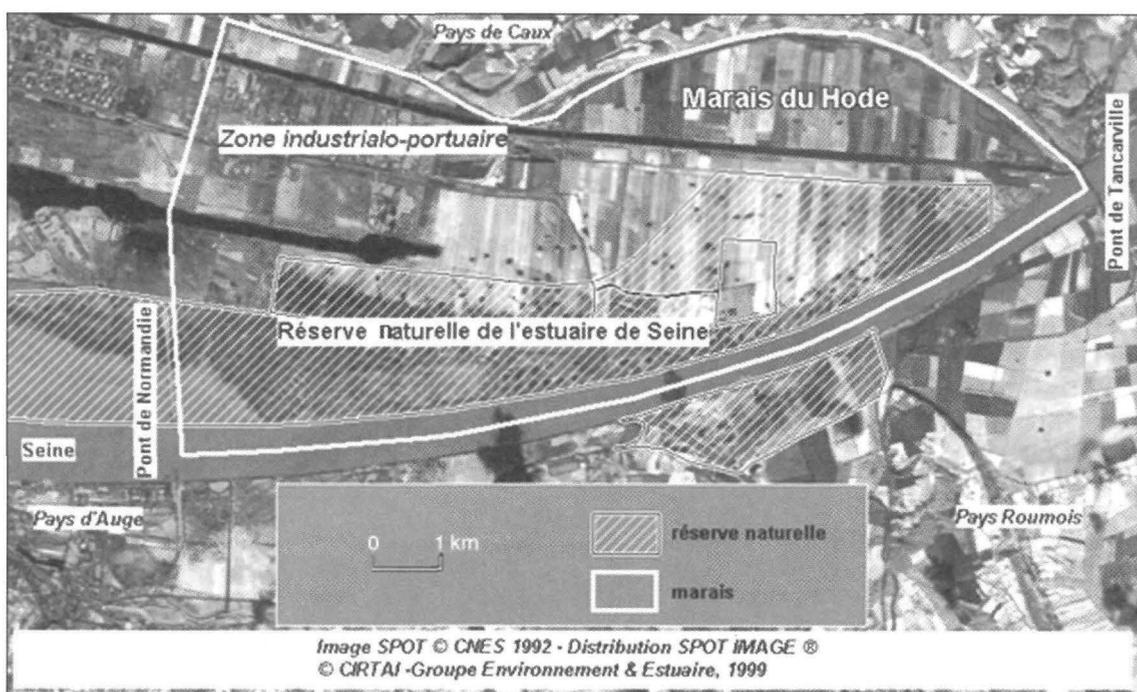


Figure 2 - Marais du Hode (estuaire de Seine)

### 2.1. Présentation du marais

Ce marais, peu étudié scientifiquement, se situe sur la rive Nord de l'estuaire de Seine, entre le pont de Tancarville (côté Est) et celui de Normandie (côté Ouest); il est limité au Nord par les falaises du Pays de Caux et au Sud par le chenal de la Seine qui le sépare du Pays d'Auge et du Pays Roumois (fig. 2).

L'estuaire de la Seine a été soumis à la double influence maritime et fluviale durant toute son évolution. Sa morphologie s'est élaborée à l'époque quaternaire, en relation avec les conditions climatiques qui ont déterminé son creusement ou son remblaiement. La Seine très puissante à l'époque, creusa une profonde vallée dans le substratum géologique qui atteint, par rapport au nivellement général de la France (NGF – IGN 69), -25 m à Tancarville et -35 m sous le port du Havre. Ceci explique la présence de paléoméandres, de petits reliefs et d'ombilics de surcreusement sur le fond de cet ancien thalweg.

Le marais du Hode est donc un élément de cette auge estuarienne aux falaises essentiellement crayeuses (argiles et calcaires du Jurassique supérieur, argiles, calcaires, et sables du Crétacé inférieur et supérieur) et remblayée par d'une masse énorme de sédiments quaternaires (sables fins, au sommet, silts organiques plus ou moins tourbeux, graves de fond à la base) d'une trentaine de mètres d'épaisseur.

Les conditions de dépôt de tous ces matériaux font qu'il existe des variations d'épaisseur locales très importantes; l'importance du creusement quaternaire et le pendage Nord/Nord-Est de ces couches géologiques font que des étages de plus en plus récents apparaissent comme toit du substratum lorsque l'on progresse vers l'Est.

Le fonctionnement hydraulique du marais du Hode se caractérise par une grande complexité à laquelle participent de nombreux facteurs (fig. 3):



- |   |  |
|---|--|
| 1 | aquifère cénomanien du Pays de Caux    |
| 2 | marée                                  |
| 3 | sources                                |
| 4 | rivière                                |
| 5 | canal de Tancarville                   |
| 6 | grand canal du Havre                   |
| 7 | nappes des alluvions du marais du Hode |
| 8 | Seine                                  |
| 9 | réseau de fossés                       |

Figure 3 - Aspects hydrauliques du marais du Hode

La connaissance de ces divers facteurs et de leurs interactions s'affiche comme l'un des objectifs actuels du programme national de recherche sur les zones humides. Leur influence directe ou indirecte rend difficile le suivi des eaux du marais et donc la compréhension de son hydrodynamisme. Concrètement, il n'est pas permis à ce jour d'établir la structure et le fonctionnement de l'hydraulique du marais du Hode.

Transition entre le continent et la mer, cet écotone est le siège d'une grande productivité biologique, d'une abondante richesse d'espèces (végétales et animales) liée à la diversité des milieux, et joue également divers rôles (éponge et rein de l'environnement, nourricerie pour crustacés et poissons, berceau ornithologique, patrimoine paysager).

## 2.2. Taxonomie des secteurs humides

Le fonctionnement hydraulique du marais du Hode se caractérise par une importante complexité naturelle qui tend à s'amplifier avec les interventions anthropiques non concertées et non réfléchies, à divers niveaux d'organisation.

Dans le contexte de recherche sur les zones humides, l'Observatoire des marais et l'estuaire de Seine a permis d'identifier et localiser de multiples entités paysagères, mais également d'apporter une explication concernant l'existence de secteurs couramment en eau par croisement de plusieurs bases de données (satellitaire, hydrographique, topographique et hydrogéologique).

- L'imagerie satellitaire SPOT multispectrale à haute résolution spatiale (20 m) s'affiche comme un support d'étude privilégié pour l'appréhension du cadre physique estuarien. Autorisant non seulement une analyse descriptive du paysage et une analyse explicative de certains phénomènes observés, elle permet entre autres, d'obtenir un synopsis des secteurs couramment en eau.

Ces derniers difficiles à localiser *in situ* ont été non seulement identifiés au moyen d'un traitement thématique (fig. 3 : zones de faible réflectance de couleur grisâtre à noire avoisinant les mares à gabions) mais également géoréférencés, grâce à la télédétection spatiale.

- Le caractère humide du marais apparaît à travers la densité de son réseau hydrographique.

La vérification de cette information hydrographique par compléments *in situ* et interprétation analogique (au moyen de la télédétection aérospatiale) a permis non seulement de confirmer sa fiabilité mais également d'actualiser ses données. Ces actions répondent à une logique d'acquisition/vérification propre à toute information intégrant une base de données géographiques en vue d'une exploitation opérationnelle.

Au Nord du marais, l'omniprésence de l'eau (révélée par la multiplicité des fossés) s'explique en partie par les nombreuses sources qui jalonnent la base du plateau calcaire cauchois. Ces eaux trop abondantes pour les éleveurs et agriculteurs sont ainsi drainées en limite des parcelles agricoles (d'où la géométrie caractéristique du réseau hydrographique) pour être rejetées dans le canal de Tancarville.

Au Sud du marais, existe un gradient de salinité, doux en amont et saumâtre en aval, lié à l'influence du fleuve et de la mer. L'apport de ces eaux se fait par l'intermédiaire de filandres via un réseau de vannes et de clapets.

Dans ce secteur, le réseau hydrographique affiche plusieurs rôles fonctionnels (alimentation, drainage ou mixte) en relation avec les besoins des activités (chasse, pâturage, fauchage du foin et des roseaux) qui présentent un caractère conflictuel.

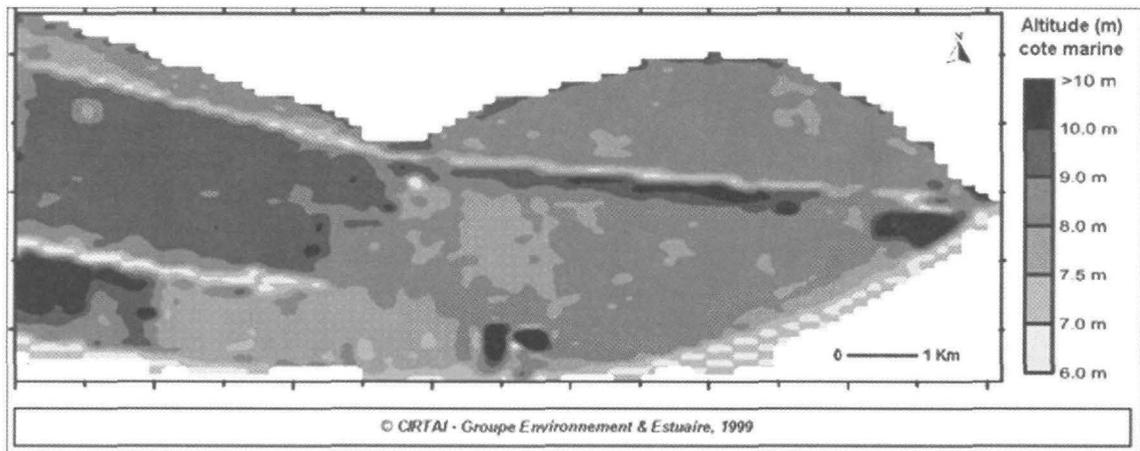


Figure 4 - Plan hypsométrique du marais du Hode

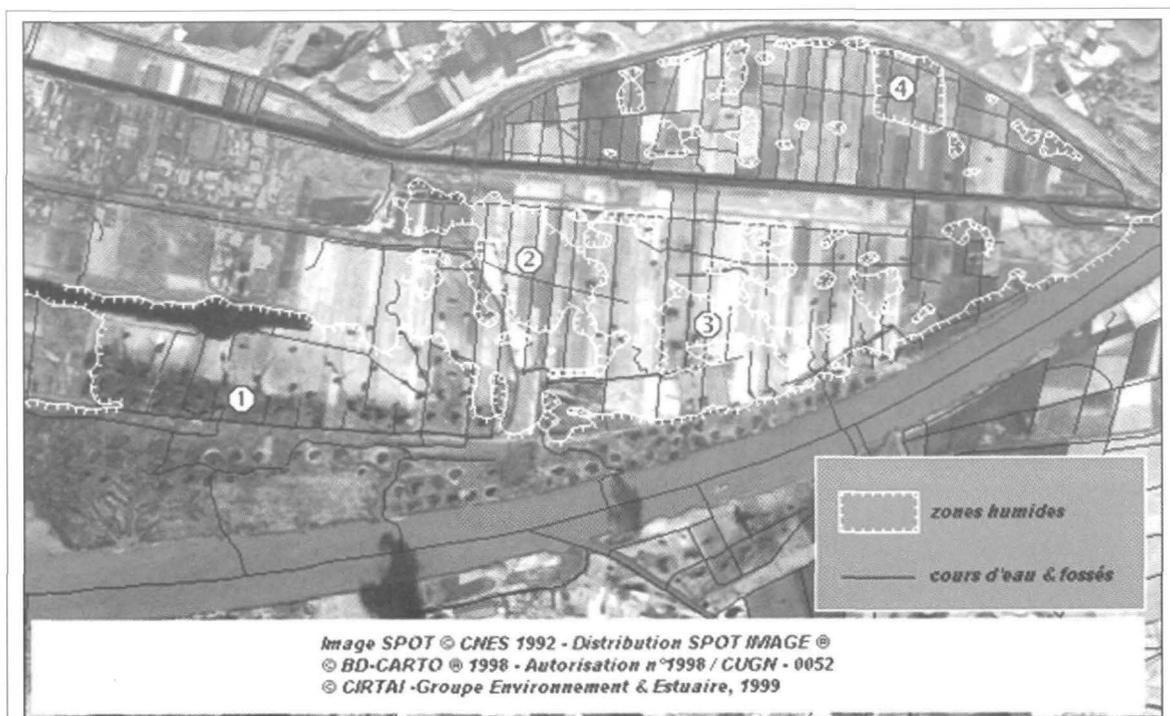
- L'hypsométrie (fig. 4) apporte les informations nécessaires à la compréhension des zones humides. La plaine alluviale du marais du Hode a une altitude comprise entre 7 et 9 mètres (cote marine du Havre); les zones d'altitude supérieure présentent un fort caractère anthropique. Il s'agit à l'Ouest du remblaiement de la zone industrialo-portuaire afin de la protéger de la nappe alluviale, au Sud de décharges et centres d'enfouissements techniques, mais également au Nord et à l'Est de remblais relatifs au creusement du canal

de Tancarville et de son écluse. Leur relief respectif révèle une influence directe sur le ruissellement superficiel qui ne peut s'effectuer naturellement sans la présence de buses (remblaiement du canal de Tancarville) ou de fossés de contournement (décharges); il est alors aisé de comprendre l'absence de fossés drainants dans ces zones au relief prononcé.

En outre, le plan hypsométrique révèle clairement les zones de dépressions topographiques dans la partie orientale du marais (entre 7 et 8 mètres) où s'écoulent préférentiellement les eaux superficielles (précipitations, affleurement des eaux alluviales) ce qui apporte une information supplémentaire dans la compréhension hydraulique du marais du Hode.

C'est le croisement de ces diverses strates d'informations qui a permis d'approcher et de comprendre une même réalité (fig. 5)... partiellement délivrée par l'étude individuelle de chacune d'elles. Dans un premier temps, l'image SPOT offrit une vue synoptique des secteurs de faible réflectance incluant les zones humides, les boisements... En second lieu, le réseau hydrographique complété par une enquête de terrain a permis de préciser et vérifier la localisation des secteurs couramment en eau sans apporter d'explication. En dernier lieu, les dépressions topographiques et les courbes de niveaux (correspondant au battement du toit de la nappe alluviale supérieure) ont été mises en cohérence avec les autres couches d'informations.

De ce seul croisement plurithématique, des explications ont été apportées concernant l'existence de ces secteurs humides et ont permis la création d'une taxonomie (fig. 5).



- ① zones soumises à la marée directement ou indirectement selon la présence de vannes
- ② dépressions topographiques (< 8 m) alimentées par les précipitations et la nappe alluviale
- ③ mares perchées (< 8,2 m) alimentées par ruissellement, moins souvent par eaux alluviales
- ④ cuvettes (< 8,3 m) alimentées par les précipitation ou les eaux de résurgences

Figure 5 - Secteurs humides du marais du Hode

Les marais sont rarement des lieux stables aux paysages éternels. Ils évoluent en permanence et parfois très vite. Leur physionomie et leur fonctionnement peuvent changer en quelques décennies. Ils ont tendance à s'assécher et à se combler, naturellement ou sous l'influence des hommes. Leur destin est en principe une complète élimination par comblement lent et inéluctable; chaque étape de l'évolution prépare sa propre disparition, jusqu'à une phase stable à l'échelle du siècle, la forêt.

Dans le cadre de la mise en place d'un système d'information territoriale à vocation d'analyses environnementales multicritères sur l'estuaire de la Seine, le marais du Hode fut choisi comme zone d'application pertinente de par sa complexité fonctionnelle.

L'imagerie satellitaire SPOT (résolution au sol de 20 m) a permis d'analyser la structure paysagère de cette zone humide et de mettre en évidence la nature et la localisation de multiples unités paysagères dont certaines auraient été difficilement différenciables sur un cliché aérien ou in situ. Elle a favorisé l'approche analytique grâce aux données précises et actualisées, aux vues synoptiques, mais également aux mesures multispectrales.

Le croisement des bases de données topographique, hydraulique et satellitaire a apporté une explication concernant l'existence de secteurs constamment en eau qui se définissent soit comme des dépressions topographiques alimentées par les marées ou les eaux de ruissellement, soit comme des surfaces topographiques recoupant la nappe alluviale supérieure du marais.

Dans ce contexte, l'imagerie satellitaire associée au système d'information géographique trouve un véritable champ d'application en termes de vision globale, de compréhension et d'analyse du milieu estuarien, mais également, de suivi, de gestion, et d'aide à la décision pour un aménagement estuarien basé sur la concertation entre acteurs et gestionnaires.

## Références bibliographiques

- [1] BOURCIER A., 1993 : Le satellite SPOT au service de l'Estuaire - La télédétection pour suivre l'évolution des paysages, *La revue d'ici*, n° 5, pp. 10-16
- [2] BOURCIER A., 1994 : *Télédétection & combinaison d'informations géographiques en mode image - Application à l'aménagement de l'estuaire de la Seine*, Thèse de Doctorat, Université de Rouen, Laboratoire de Modélisation et Traitements Graphiques (MTG), 421 pages
- [3] BOURCIER J.-C., 1996 : *Approche hydraulique du marais du Hode (estuaire de la Seine)*, Mémoire de DESS "Eau & Environnement", Université de Rouen, Caen, 163 pages
- [4] BOURCIER J.-C., 1997 : *Contribution au Système d'Informations Territoriales (SIT) de l'estuaire de la Seine - Mise en place de l'Observatoire des Zones Humides*, DEA de Géographie et Aménagement, Université du Havre, 41 pages
- [5] BROCARD M., LEVEQUE L., 1996 : *Atlas de l'estuaire de la Seine*, Publications des Universités de Rouen et du Havre, 156 pages
- [6] POUCHIN Th., 1996 : *Vers l'élaboration d'une méthode multicritères d'appréhension des zones humides*, Maîtrise de Géographie, Université de Rouen, 154 pages