

# 10- Les systèmes d'information géographique et les zones humides

Structurer et valoriser des données spatiales diversifiées

## Problématique

L'étude des zones humides nécessite le traitement d'un grand nombre d'informations spatiales collectées à différentes dates : répartition des groupements végétaux, des écoulements hydriques, des activités humaines... Les Systèmes d'Information Géographiques ont apporté une aide considérable pour organiser et croiser des données cartographiques et thématiques. Au sein du PNRZH, les SIG ont davantage été considérés comme des outils importants que comme des objets de recherche. Les chercheurs ont pu en expérimenter l'utilisation dans des domaines variés. La plupart des projets de recherche se sont appuyés sur des SIG, avec des objectifs et des moyens diversifiés (outil de cartographie ou d'analyse).

## Les outils

Un Système d'Information géographique est un "système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçus pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion" (FICCDC, 1988). Il peut aussi être défini comme un "ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision" (Didier, 1990, CNIG). Notons que les SIG ne sont pas à proprement parler des logiciels, mais des systèmes d'information qui combinent trois composantes de nature différente :

- une base de données (organisée en fonction d'objectifs bien précis) ;
- des outils matériels et logiciels pour les traiter ;
- des compétences et méthodes pour les mettre en œuvre.

Par simplification, on utilise souvent le terme de SIG à propos du logiciel, et celui de SIRS (Système d'Information à Référence Spatiale) pour désigner l'ensemble des données et

moyens mis en œuvre sur un espace donné.

Les logiciels SIG associent des couches cartographiques et des tables attributaires, constituant une base de données.

Ils assurent quatre principales fonctionnalités : affichage, acquisition, analyse, et archivage.

Les logiciels SIG utilisés dans les projets du PNRZH sont généralement ceux proposés sur le marché (Arcview, Arcinfo, MapInfo, GeoConcept, Idrisi...).

Il existe toute une gradation d'approches en fonction de la maîtrise des techniques et des objectifs des études.

## Les objectifs

### CARTOGRAPHIE

La cartographie des zones humides a longtemps été réalisée de façon manuelle, puis avec des logiciels de dessin vectoriel. Une des principales motivations de l'utilisation des SIG est la possibilité de pouvoir afficher et superposer des données spatialisées comme les limites de la zone humide, de son bassin-versant ou de ses différentes entités, et d'avoir recours à des opérations simples, telles que le calcul des surfaces.

### BASES DE DONNEES

A chaque couche cartographique peut être associé un ou plusieurs tableaux (tables attributaires) donnant des informations sur les éléments cartographiés. Cette propriété permet le stockage des données sur une même base spatiale et l'organisation de données très diverses telles que des relevés floristiques ou faunistiques, l'identification de propriétaires de parcelles localisées en zones humides...

Pour des traitements plus élaborés, il est possible de relier informatiquement le SIG à une base de données proprement dite. La gestion de la base de données s'effectue grâce à un système appelé Système de Gestion de Base de Données (SGBD). Il s'agit d'un logiciel permettant d'organiser les données par thème, de les trier et d'effectuer des requêtes (le logiciel le plus utilisé est Access).

## CROISEMENTS D'INFORMATIONS

Les informations stockées dans un SIG sont totalement superposables, ce qui permet d'effectuer de très nombreux croisements d'informations simples ou plus sophistiqués, à travers des requêtes (exemple : détermination des surfaces occupées par des zones humides ou encore définition des variations interannuelles des surfaces en eau).

## COUPLAGE SIG-MODELE

Dans les cas les plus complexes traitant du fonctionnement des zones humides, il est possible de lier un SIG avec un modèle mathématique, le SIG fournissant certaines des données nécessaires en entrée dans le modèle et/ou permettant d'afficher en sortie les résultats du modèle.

*Constituer une plateforme pour des utilisateurs multiples*

Les SIG permettent de mutualiser les connaissances sur un territoire et de les mettre à disposition des acteurs concernés.

## COLLECTE DES DONNEES

Le SIG de l'Observatoire des zones humides de l'estuaire et des marais de Seine a intégré plus de 100 couches d'informations, constituant une base de données géographiques pluri-thématique et multi-sources. Cette base de données a été réalisée par acquisition de nombreuses données existantes : images satellitaires ou aériennes, bases de données de l'IGN, de la DIREN... Elle a également intégré des données produites par les différentes équipes participant au PNRZH.

## NORMALISATION DES DONNEES

L'intégration de données multiples dans un système d'information a nécessité dans la plupart des projets la mise au point de fiches d'intégration des données et de fiches de métadonnées (descriptif des données : sources, date, précision, thèmes...).

Ainsi, certains sites et projets complexes voient l'intervention de partenaires très nombreux, utilisant et produisant des données variées. Dans ce type de cas, il s'avère très important de constituer un outil commun que chacun pourra utiliser, en bénéficiant des données recueillies par ailleurs. Cette mise en commun suppose une normalisation rigoureuse ; elle a été mise en œuvre dans le cadre de plusieurs projets à partir de références nationales (le plus souvent avec le logiciel REPORT développé par le CERTU), notamment dans le site des marais de l'ouest.

Les chercheurs du projet Loire ont mis en place un " dictionnaire de données ", système permettant de décrire et de

structurer les données collectées (identification des données, qualité, données techniques...).

## CONSTITUTION DE FONDS CARTOGRAPHIQUES VECTORIELS OU RASTERS

Le secteur de Marennes-Oléron a fait l'objet d'un important travail de mise en cohérence et de structuration des données cartographiques, avec en particulier :

- agrégation des données maritimes et des données terrestres. Il faut noter que les données maritimes sont classiquement inscrites dans le système de projection Mercator, distinct du système Lambert utilisé pour les espaces terrestres. Cette dernière référence a été retenue ;
- intégration au SIG des données foncières. Le bassin de Marennes-Oléron est couvert par 170 plans cadastraux contenant 22 000 parcelles pour une surface totale de 2900 hectares. Ces données étaient calées dans un système local (repérage par rapport au clocher de Marennes) et non numérisées. Le système a été entièrement recalé à partir de points de repère localisés par GPS ;
- intégration de données sur la bathymétrie ;
- numérisation de l'atlas des marais maritimes.

Sur le site des Marais de l'ouest a été créé un fond de carte informatisé de référence. L'une des difficultés rencontrées a été la représentation des fossés, très nombreux dans le marais. Selon l'objectif des études les fossés peuvent en effet être représentés comme des arcs (lignes simples) ou comme des polygones. Un programme a été développé de façon à permettre le passage automatique d'une représentation à une autre.

*Définir et délimiter les zones humides*

Les SIG peuvent constituer des outils intéressants en matière d'inventaire des zones humides.

Il faut d'abord noter qu'il existe différentes données géoréférencées sur tout le territoire national, accessibles de façon gratuite ou non (cartes et orthophotos de l'IGN, ZNIEFF, sites protégés...). Ces informations peuvent constituer la base du SIG.

Une étape importante peut porter sur la cartographie des unités de végétation par saisies de polygones sur la base d'une photographie géoréférencée (travail mené sur la Loire par exemple).

Le croisement de données peut contribuer à cette délimitation. Dans la région Scarpe-Escout, les chercheurs ont analysé les liens entre altitudes (à partir d'un Modèle Numérique de Terrain) et présence d'humidité (données de l'interprétation des images aériennes ou satellitaires). Ils ont considéré que

la cote 18,75 m était la plus adaptée à une bonne délimitation des paysages humides. Le SIG permet ensuite de croiser les données altitudinales et celles de l'occupation du sol, de façon à identifier les paysages humides.

Dans les vallées du nord-est de la France, le SIG a facilité la cartographie des unités de végétation en permettant l'extrapolation de relevés phytosociologiques ponctuels grâce à la photo-interprétation et au croisement avec d'autres données : inondations, pratiques agricoles...

## Caractériser les zones humides

Les SIG offrent de très nombreuses possibilités de caractérisation des zones humides par croisement de données. Quelques exemples peuvent être cités à ce propos.

### HYDROLOGIE DES MARAIS DE L'OUEST

Les données de télédétection sur la répartition des eaux dans les marais de l'ouest a permis un traitement sous SIG, avec caractérisation :

- du réseau hydraulique et du caractère humide des parcelles ;
- des eaux de surface, permettant de porter un diagnostic et d'évaluer dans quelle mesure elles sont dépendantes des précipitations et/ou de la gestion hydraulique du marais. Si ces informations sont croisées avec des données sur l'occupation des sols, elles peuvent constituer un outil de simulation de la gestion par les syndicats de marais.

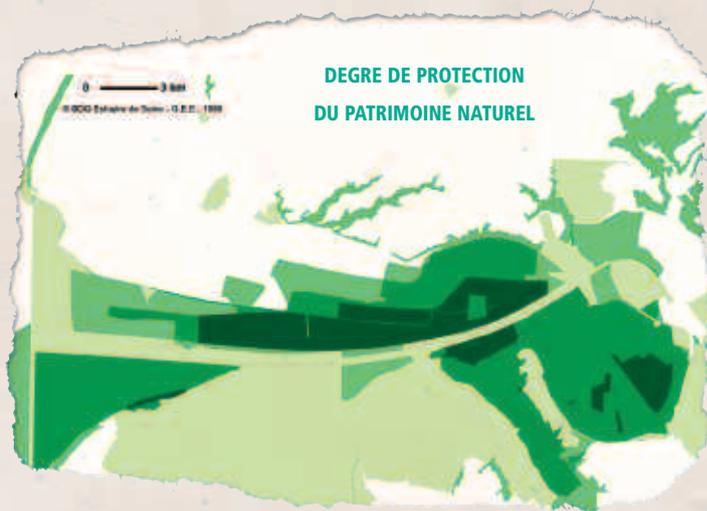
### LES MARES DANS LEUR CONTEXTE

Une analyse raisonnée de la répartition des mares à l'aide d'un SIG a montré :

- des liens entre les mares et leur environnement, comme la distance au bâti ou à la forêt ;
- des liens entre les densités des mares, la population, la Surface Agricole Utile ou le nombre d'exploitations agricoles.

### LE DEGRE DE PROTECTION DU PATRIMOINE DE L'ESTUAIRE DE LA SEINE

La base de données géographiques de l'Observatoire des zones humides de l'estuaire et des marais de la Seine intègre 12 strates d'information (au format vectoriel) reflétant le statut de l'espace en matière d'inventaire et de protection du patrimoine naturel : réserves naturelles, ZNIEFF, sites classés... La cartographie qui en résulte montre la superposition extrême des mesures, qui justifierait une mise en cohérence. Ces différentes strates ont pu être combinées à l'aide de coefficients, de façon à obtenir une cartographie du degré de protection du patrimoine.

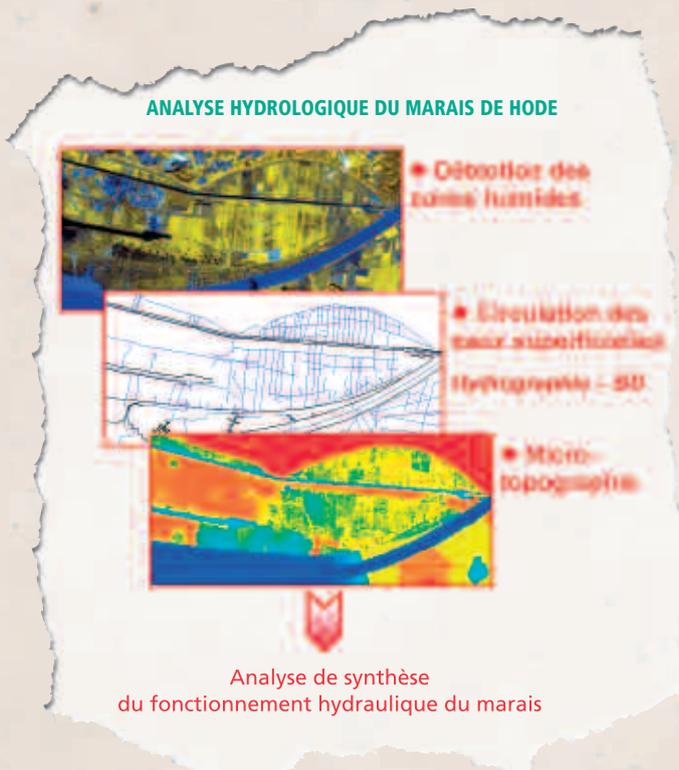


## Définir le fonctionnement des zones humides

### FONCTIONNEMENT HYDROLOGIQUE

Le croisement des données sous SIG a permis d'améliorer la compréhension du fonctionnement hydraulique du marais du Hode (estuaire de la Seine).

Dans un premier temps, l'imagerie SPOT a offert une vue synoptique des secteurs de faible réflectance, incluant les zones humides et les boisements. Le réseau hydrographique a pu être défini à partir des cartes de l'IGN et d'observations complémentaires sur le terrain. Enfin, les courbes de niveaux correspondant aux dépressions topographiques et aux affleurements de la nappe ont été extraites d'un Modèle Numérique de Terrain réalisé à partir des données de l'IGN et de levés complémentaires.



Le croisement de ces différentes données a permis de définir une typologie des unités hydrauliques. Il a été possible de distinguer les zones soumises à la marée, les cuvettes topographiques inférieures à la cote 8 m (alimentées par les précipitations et souvent l'aquifère), les mares perchées situées en dessous de 8,2 m (alimentées par les ruissellements), les dépressions situées sous la cote 8,3 m. alimentées par les précipitations et/ou les résurgences de la nappe du pays de Caux. Ces résultats ont été confirmés par des analyses physico-chimiques des eaux.

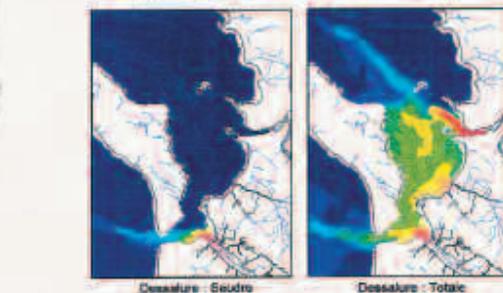
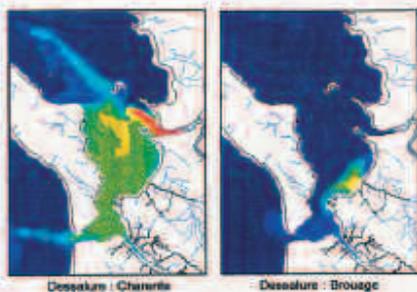
### COUPLAGE SIG-MODELE

**MARS** est un modèle numérique hydrodynamique, calculant les courants marins, les hauteurs d'eau, et les concentrations en éléments dissous ou en suspension. Il utilise des données sur la topographie, les flux d'eau et de matière et les conditions aux limites (données sur les conditions extérieures influant sur le périmètre modélisé : entrées d'eau et de sédiments..).

La liaison entre ce modèle et un SIG Arc View, à travers l'interface Model View permettant en particulier de représenter dans l'espace les résultats des modélisations.

Ainsi, il a été possible d'analyser l'influence de la Charente et de deux autres rivières sur la salinité de la mer au droit de l'île d'Oléron (cf figures). Ce travail a montré l'influence très relative du marais sur les apports d'eau et de contaminants dans l'estuaire par rapport aux apports de la Charente et de la Seudre.

#### IMPACT DES DIFFERENTS APPORTS DANS LA SALINITE DE LA ZONE



## Suivre les zones humides

Les SIG peuvent faciliter l'analyse historique des zones humides. Au cours du projet Loire, les chercheurs ont couplé un outil statistique et un SIG. L'occupation des sols cartographiés à deux dates par photo-interprétation peut donner lieu à un traitement élaboré. Des indices explicatifs sont mis en place, par exemple à propos de la forme des objets (allongement des îles...).

Les essais entrepris ont montré la possibilité de croiser des éléments de nature différentes (données raster et vectorielles).

## Aider à la gestion

Les SIG peuvent trouver des utilisations en matière d'aide à la gestion des zones humides.

### DIAGNOSTIC

Les travaux de recherche sur les anciens bras fluviaux (voir fiche 6) pourraient aboutir sur un outil automatique. La saisie de données sur un nouveau bras (végétation, données physiques) déboucherait sur un diagnostic automatique, par comparaison avec les bras étudiés précédemment. Cet outil n'est pas opérationnel à l'heure qu'il est.

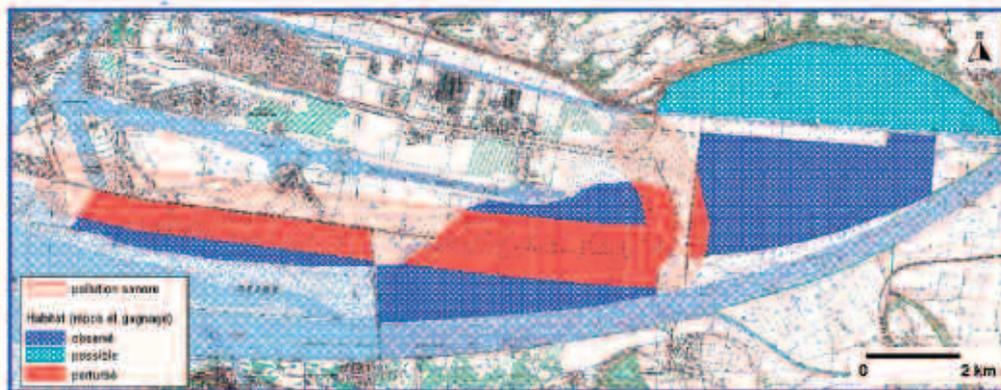
### IMPACT DES ACTIVITES HUMAINES

L'outil SIG a permis d'évaluer l'antagonisme entre avifaune et développement industriel sur la plaine nord de l'estuaire de la Seine. La pollution sonore d'une route traversant le site a été cartographiée à partir des données de trafic fournies par les Directions Départementales de l'Équipement. Cette information a été recoupée avec la cartographie des zones de repos et d'alimentation de la Spatule, oiseau remarquable du secteur (cf carte page suivante).

### CHOIX DE GESTION

Dans les prairies alluviales du nord-est de la France, le SIG a été utilisé à différentes phases de l'étude ; il permet de mettre en évidence l'intérêt écologique de la zone, l'état de conservation des habitats, les modalités de gestion à mettre en œuvre. Le croisement de ces documents débouche sur une proposition concrète de clés de gestion des écosystèmes prairiaux, dans une optique de biodiversité. Cette méthodologie sera détaillée dans le cahier 3 du PNRZH.

## IMPACT SONORE DE LA ROUTE DE L'ESTUAIRE SUR LA SPATULE



### Limites et perspectives

Les SIG ont été utilisés de façon classique dans certains projets du PNRZH, sans traitements particuliers.

Dans d'autres cas, les SIG mis en place ont pu constituer une base, conservée et enrichie depuis la fin du programme (estuaire de la Seine, fleuve Loire).

Dans les marais de l'ouest, le travail a participé à la structuration des bases de données géographiques. Dans cette logique de mise en cohérence, le forum des marais atlantiques diffuse un CD Rom d'aide à la conception des SIG en zones humides.

Les travaux initiés dans le cadre du PNRZH ont été poursuivis après l'achèvement de ce programme. Ainsi, un travail sur la connectivité des mares, réalisé par le montage d'un SIG, a été initié dans le cadre du PNRZH et poursuivi dans celui du pôle-relais "Mares et mouillères de France".

Aujourd'hui, des conclusions peuvent être tirées de cette approche et permettent de voir en quoi la connectivité des mares peut être utilisée comme outil d'aménagement de l'espace et de gestion du semis de mares.

### CONTACTS

#### COORDINATION DE L'ANIMATION TRANSVERSALE DU PNRZH SUR LES SIG

Laurence Hubert-Moy,  
laurence.hubert@uhb.fr

#### CAMARGUE

Thierry Naizot, Alain Sandoz  
sandoz@tourduvalat.org

#### COURS MOYEN DE LA SEINE

Hocine Bendjoudi,  
bdj@biogeodis.jussieu.fr

#### ESTUAIRE DE LA SEINE

Alban Bourcier,  
alban.bourcier@univ-lehavre.fr

#### LOIRE

Laurent Couderchet,  
laurent.couderchet@montaigne.u-bordeaux.fr

#### MARAIS DE L'OUEST

Christian Puech,  
puech@teledetection.fr

Lionel Loubersac,  
Lionel.loubersac@ifremer.fr

#### MARES

Bertrand Sajaloli, ENS,  
biogeo@wanadoo.fr

#### RHONE

Claude Amoros,  
amoros@univ-lyon1.fr

#### SCARPE-ESCAUT

Claude Kergomard,  
claude.kergomard@ens.fr