

Les outils géomatiques

Françoise GOURMELON

Photogrammétrie, télédétection, géodésie spatiale et, depuis quelques années, systèmes d'information géographique (SIG) contribuent efficacement au suivi d'espaces nécessitant des observations à grande échelle. Une analyse détaillée de ces méthodes et leur application aux îlots de l'Iroise.

Comme toute zone côtière, les îlots marins sont des systèmes écologiques complexes. La compréhension de leur fonctionnement et, le cas échéant, leur gestion conservatoire reposent, d'une part, sur une multitude d'observations à grande échelle réalisées sur des pas de temps relativement courts et, d'autre part, sur la mise en œuvre de méthodes adaptées à leur analyse. Les suivis environnementaux dont ils font l'objet ont pour objectifs de produire une estimation scientifique d'un état des ressources et de déterminer l'efficacité des mesures de gestion mises en œuvre (Gibbs *et al.*, 1999). Les progrès réalisés lors des dernières décennies, dans le domaine du traitement numérique de l'information géographique, mettent aujourd'hui à la disposition des scientifiques et des gestionnaires de l'environnement des outils performants de suivi, d'analyse et d'aide à la décision. Dans bien des domaines d'application, les systèmes d'information géographique (SIG) ont contribué à remettre en cause les protocoles d'acquisition de données géoréférencées, de manière à ce qu'elles soient adaptées à l'étude de processus à haute variabilité spatio-temporelle, rendant aujourd'hui possible l'utilisation de technologies géomatiques pour l'étude et le suivi d'espaces nécessitant des observations à grande échelle.

alors naissantes résultant de l'immixtion de l'informatique dans le secteur de la cartographie terrestre. La géomatique a pour objet la gestion des données à référence spatiale, et fait appel aux sciences et aux techniques reliées à leur acquisition, leur stockage, leur traitement et leur diffusion (Roche, 1997).

E. Giraudet / Géosystèmes



Principe simplifié du GPS. les mesures des différences de phase de quatre satellites au moins sont nécessaires pour estimer la position d'un point en trois dimensions (X, Y, Z) et le temps GPS (T).

La géodésie développe et utilise des systèmes de positionnement par satellite (*Global Positioning System*), permettant une localisation sur le terrain en 2 ou 3 dimensions, avec une précision variable selon le systè-

L'acquisition de données localisées

“ Géomatique ” est un terme introduit dans les années 1970 pour désigner les techniques

me utilisé (de plusieurs dizaines de mètres à quelques centimètres). Les mesures, qui peuvent concerner divers aspects d'un suivi (station de plante, piège, nids, patrimoine lithique...), servir au calcul d'un modèle numérique de terrain et à la rectification géométrique de documents aériens, sont directement intégrables dans une base d'information géographique (Brossard *et al.*, 1998). Dans le cas des îlots, la fréquence et la nature des suivis impliquent de disposer de positionnements précis au mètre près, compatibles avec une échelle d'analyse de 1/5 000.

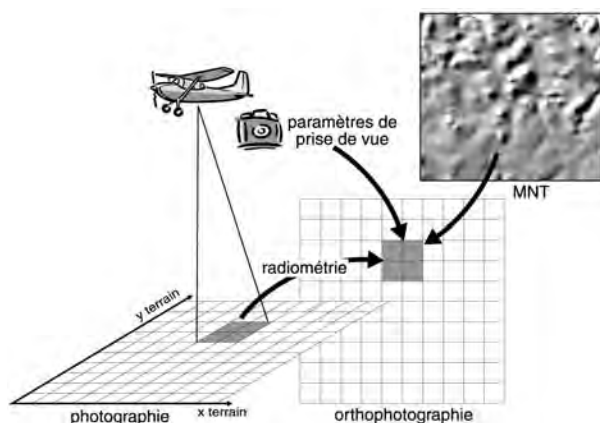
La photogrammétrie crée et utilise des systèmes numériques de restitution de photographies aériennes pour pallier les distorsions géométriques dues à l'attitude de l'avion lors de la prise de vue et au relief survolé. Les ortho-photographies numériques résultantes combinent les avantages de la photographie aérienne et de la cartographie. Utilisé en tant que support de digitalisation ou comme plan d'information à part entière dans une base d'information géographique, ce type de procédé tend à remplacer progressivement les clichés analogiques jusqu'alors utilisés (Parent, 1991). En France, l'IGN réalise des ortho-images couleurs (BD Ortho) dans le système de projection cartographique Lambert 2, avec une résolution spatiale de 50 centimètres.

La télédétection met au point et utilise des systèmes d'acquisition d'images ainsi que des méthodes adaptées à leur analyse. Dans un environnement de type SIG, la télédétection satellitaire apporte aux thématiques environnementales une puissance d'investigation réelle, grâce à la vision synoptique et répétitive qu'elle autorise. Cependant, aux résolutions spatiales auxquelles opèrent actuellement les satellites d'observation de la Terre, l'utilisation de l'imagerie satellitaire n'est pas encore envisageable à des échelles locales. La télédétection aéroportée peut ponctuellement pallier la trop faible résolution des capteurs satellitaires et être utilisée dans les phases d'inventaires et de suivi des petits fonds marins (Pasqualini *et al.*, 1998) et des milieux terrestres (Goumelon, 2002), sur des espaces géographiques limités.

Les SIG : outil d'aide à la décision

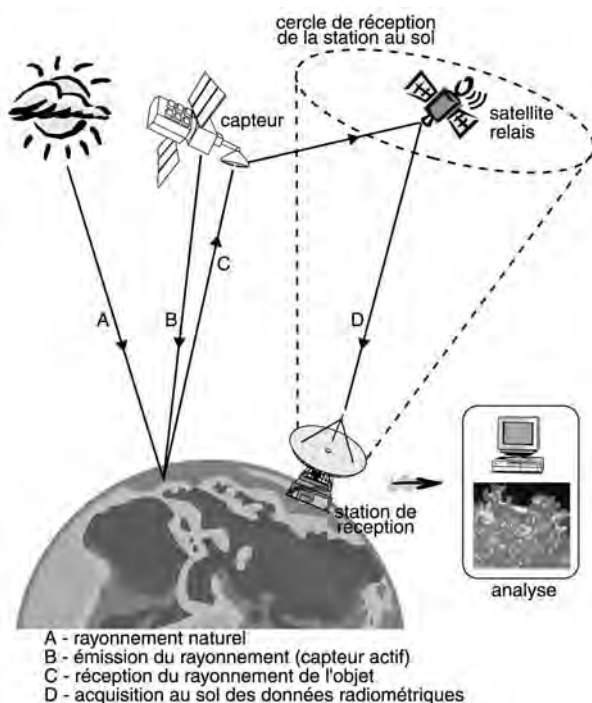
Les SIG permettent de replacer dans un cadre cohérent les données géoréférencées acquises par ces différentes méthodes, de les analyser et de les cartographier. La démarche a pour objectif d'enrichir la connaissance en matière de fonctionnement

E. Giraudet / Géosystèmes



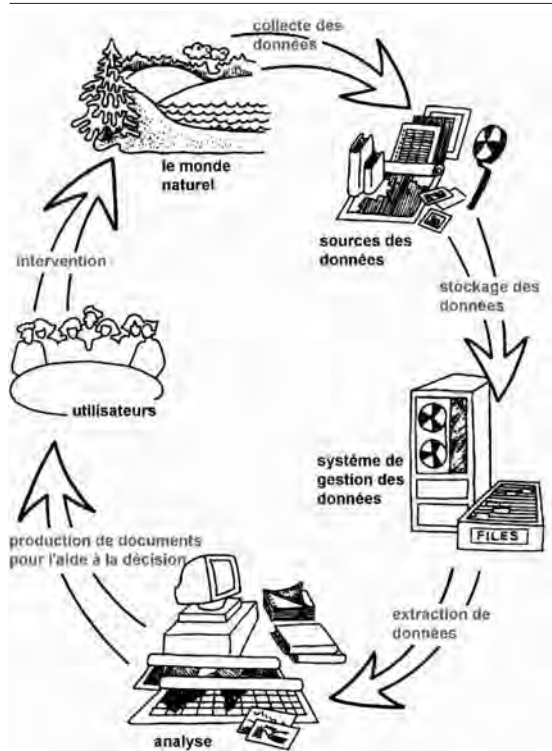
Chaîne de production d'une ortho-image.

E. Giraudet / Géosystèmes

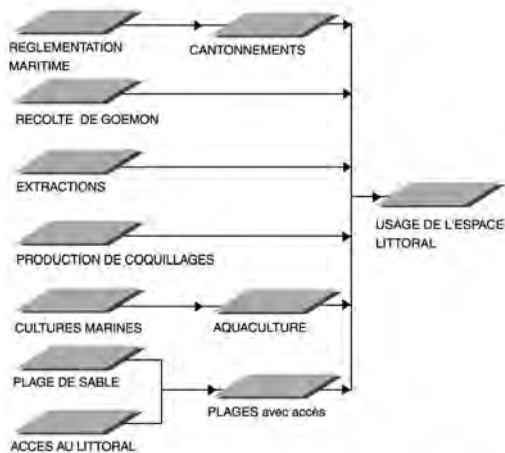


La télédétection : de la mise au point des systèmes satellitaires d'acquisition d'images jusqu'à leur analyse thématique.

des écosystèmes et de gestion territoriale à différentes échelles spatiales. Reposant sur la complémentarité de quatre composantes (matériels, logiciels, données et ressources humaines), ces systèmes offrent notamment aux gestionnaires de l'environnement un certain nombre d'atouts (Aspinall, 1995).



Principe de fonctionnement d'un SIG : un cadre pluridisciplinaire, quatre composantes et une chaîne de travail allant de la collecte de la donnée sur le terrain jusqu'à l'aide à la décision.



Extrait de l'organisation de la base d'information sur le littoral finistérien

Gestion des données dans une base d'information géographique : la structuration de l'information géoréférencée en couvertures thématiques.

Gestion des données localisées

La gestion de l'information, de source et de nature variées, est une priorité pour une institution concernée par la protection des milieux. Or le choix d'un support numérique plutôt qu'analogique permet d'améliorer l'efficacité de la prise de décision. Il offre en effet des garanties de sécurité et de qualité des données, des facilités d'accès à l'information et des potentialités d'analyse accrues.

Gestion des sites

Les prises de décision des gestionnaires d'espaces protégés ont souvent comme support des documents cartographiques élaborés à partir d'une multitude de données spatiales. Ils constituent une aide visuelle indispensable pour le personnel de terrain, un support aux inventaires et un moyen d'information et de communication. Les SIG permettent de mobiliser sur un support unique des informations de sources variées en des temps d'accès limités, de procurer une aide à la conception de cartes répondant aux besoins et de gagner du temps dans la production par une automatisation possible de la conception. L'ensemble de ces caractéristiques permet non seulement d'augmenter la production cartographique mais aussi d'en accroître la qualité et l'adéquation avec les objectifs à atteindre.

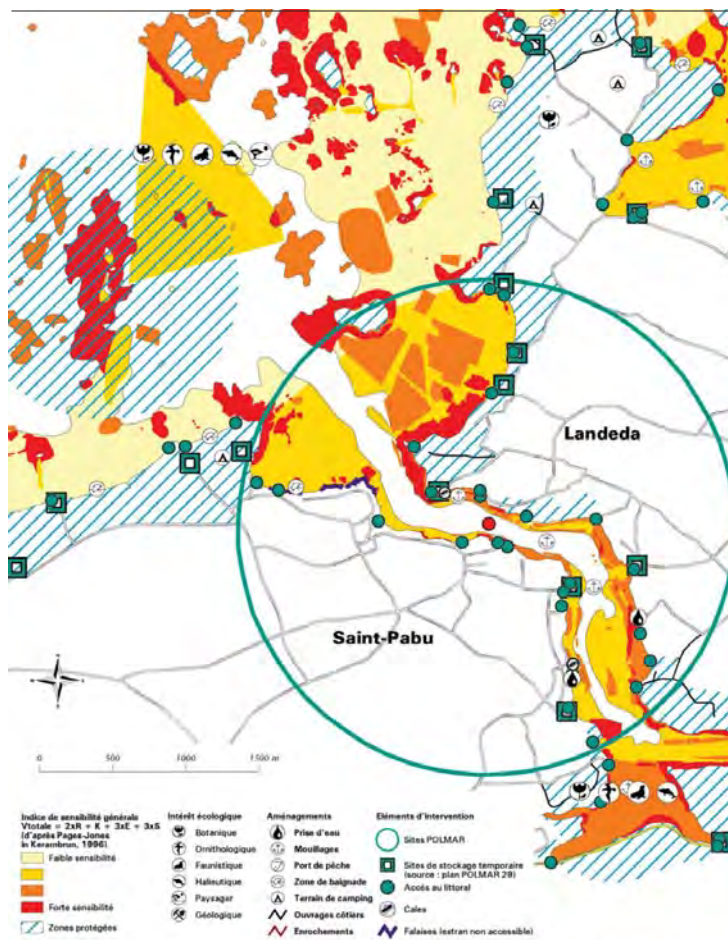
Suivi de l'environnement

• **Mise en place des opérations de suivi**
Les SIG peuvent être utilisés pour localiser les sites à inventorier avant la phase de terrain en combinant certaines informations contenues dans la base afin de déterminer les variables écologiques à échantillonner. Au retour de la mission, l'intégration des coordonnées géographiques des échantillons permet une meilleure gestion des sites expérimentaux. Dans ce cadre, les progrès technologiques récents des GPS permettent une localisation sur le terrain d'une précision supérieure au mètre, qui réduit les risques d'erreur dans l'enregistrement de l'information spatiale. Dans ce contexte opérationnel, les SIG peuvent également intervenir dans le pilotage des plans d'expérimentation par une recherche des sites répondant aux critères requis pour la mise en place de l'opération.

• Détection des changements

Les espaces sont protégés en vertu d'un patrimoine exceptionnel existant à un moment donné. Or ces milieux, comme tous les autres, sont dynamiques et sous l'influence de contraintes naturelles et anthropiques agissant à l'intérieur mais aussi à l'extérieur de l'espace protégé. Ces perturbations peuvent conduire à modifier

Gestion des sites : exemple de réalisation cartographique dans un contexte opérationnel à partir des informations contenues dans une base d'information géographique
(source : Le Berre I., 1999).



Cartographie de quelques éléments d'aide à la lutte antipollution dans le secteur Saint-Pabu/Landeda

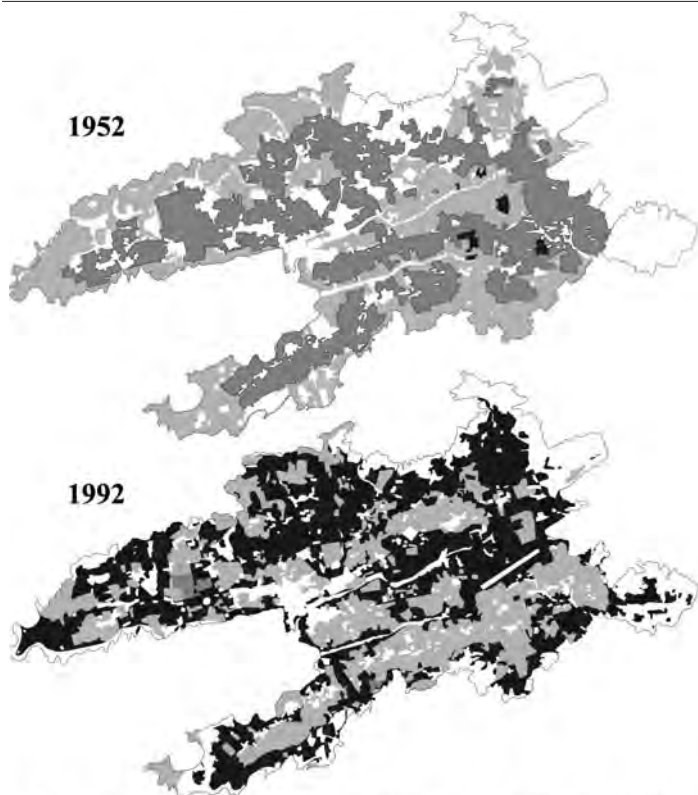
l'objet de la protection jusqu'à le rendre inexistant. Il est donc fondamental pour le gestionnaire de repérer rapidement tout changement spatial qui affecte l'espace de manière à pouvoir éventuellement intervenir. L'aptitude à détecter et à analyser le changement spatial est une des caractéristiques de l'analyse de séries temporelles au sein d'un SIG.

• Simulation des impacts et des évolutions

La simulation des impacts et des changements permet de mettre en œuvre des stratégies de gestion susceptibles d'éviter ou de réduire certains aspects négatifs. Leur modélisation spatio-temporelle, à partir d'informations contenues dans la base, peut apporter une aide indiscutable par la production de synthèses réalistes de l'évolution de l'écosystème.

Conditions de mise en œuvre

La mise en œuvre d'un SIG opérationnel d'aide à la gestion ne peut s'envisager que dans une structure pérenne, dotée de ressources humaines et financières importantes. Elle se traduit par la mise en commun de données, de compétences, de ressources matérielles, et par la multiplication des échanges entre partenaires (De Sède & Thériault, 1996). Dans le domaine de la planification, les institutions qui utilisent les outils géomatiques s'accordent sur le fait que leur fonctionnalité dépend de divers facteurs qu'il convient d'étudier lors de l'étude de faisabilité à mener avant l'implantation du système.



Suivi de l'environnement : l'analyse des changements d'occupation des sols en relation avec les modifications des pratiques agricoles. Disparition des pâtures (en gris foncé) au profit des friches (en noir) sur l'île d'Ouessant.

Une évaluation correcte des coûts d'équipement et de fonctionnement est indispensable. Elle doit tenir compte du coût associé à l'acquisition des données qui peut représenter jusqu'à 80 % du budget total. Un dimensionnement adapté de l'équipe devant assurer la mise en œuvre du système est nécessaire. Deux ou trois personnes qualifiées peuvent s'avérer indispensables à la gestion, à l'analyse et à la cartographie de l'information géographique.

La mise à jour et la validation de l'information doivent être prévues à long terme et en concertation avec les opérations de suivi. Un travail en réseau impliquant l'adoption de règles communes (typologie, échelle, pas de temps) et de normes de qualité et d'échange doit associer les différents acteurs impliqués sur le territoire concerné, de manière à éviter la redondance de certaines opérations et à partager la ressource.

Un SIG pour les îlots marins protégés d'Iroise

C'est dans le cadre des activités scientifiques de la Réserve de biosphère de la mer d'Iroise

(programme MAB, Unesco), qu'un suivi pluridisciplinaire s'est mis en place sur l'ensemble des espaces littoraux concernés, à partir de 1988. Il a conduit à la réalisation d'inventaires thématiques des composantes naturelles, physiques et anthropiques par les scientifiques étudiant les différents milieux. L'ensemble a alimenté une base d'information géographique (Sigouessant), mise en place et gérée au laboratoire Géosystèmes (UMR 6554 CNRS), qui concerne essentiellement les milieux terrestres et intertidaux à l'échelle locale (1/5 000 à 1/10 000) (Goumelson *et al.*, 1995) ; le contexte régional de la mer d'Iroise étant pris en compte dans une seconde base d'information géographique (Iroise), développée dès 1995 (Le Berre, 1999). Sur les îlots, différents projets ont été menés en partenariat avec les gestionnaires de sites, qui ont contribué à enrichir la base d'information Sigouessant et dont l'analyse a fourni divers résultats.

• Béniguet

Dans le cadre du programme " Life " de l'Union européenne (1999-2001), les gestionnaires (ONCFS) avaient pour objectif de mettre au point des techniques de restauration des pelouses dunaires et de lutte contre l'embroussaillage, qui menace

actuellement les sites de nidification de certaines espèces d'oiseaux nicheurs. Le projet a conduit à étoffer l'information géographique relative à Béniguet, contenue dans la base d'information géographique Sigouessant, par des données relatives aux sites de nidification et à la végétation terrestre. L'analyse de cette information a procuré une aide aux gestionnaires concernant la détection des changements d'occupation des sols et la mise au point d'un plan d'intervention adapté.

• La réserve naturelle d'Iroise

Dès 1992, la réflexion menée au sein du groupe thématique "îlots marins et milieu sous-marin" de la commission scientifique de réserves naturelles de France a permis d'identifier un certain nombre de problèmes de gestion communs, parmi lesquels l'impact des populations de vertébrés sur le tapis végétal. Dans ce contexte, la méthode mise au point en 1990 sur les îlots de l'archipel de Molène, dans le cadre du suivi scientifique de la Réserve de biosphère de la mer d'Iroise, a été transposée aux îlots de l'archipel des Sept-Îles, et aux îlots des réserves naturelles corses (Lavezzi et Cerbicale) (Bioret & Gourmelon, 2001). C'est le fonctionnement en réseau des chercheurs et des gestionnaires concernés par les îlots marins en réserve naturelle qui a justifié de développer des protocoles méthodologiques et des outils communs. Une base d'information géographique unique et cohérente a donc été réalisée à partir d'un inventaire des différentes unités de végétation identifiées sur le terrain en 1995-1996 sur l'ensemble des îlots. Son analyse permet de dresser des comparaisons entre les différents espaces et de disposer d'évaluations synthétiques des changements survenus sur le tapis végétal entre deux suivis successifs.

Ces îlots d'Iroise sont actuellement gérés par deux organismes (ONCFS et SEPNB), dont aucun n'est engagé dans une démarche de "géomatization". L'information géographique numérique les concernant est sous la responsabilité du laboratoire Géosystèmes, qui la valorise dans diverses actions de recherche, mais qui ne répond que ponctuellement à des requêtes d'aide à la décision dans le cadre de collaboration avec les gestionnaires. Pour que ces derniers puissent tirer profit des possibilités offertes par les bases d'information géographique existantes, il semble indispensable qu'un transfert soit réalisé. Il doit cependant préserver l'approche territoriale (mer d'Iroise dans son ensemble) et le lien avec les scientifiques producteurs d'information géogra-

phique. La création d'un parc national marin en Iroise pourrait offrir une structure pérenne permettant de conserver l'unité territoriale essentielle au bon fonctionnement du système et garantissant un cadre intégrateur et cohérent, favorisant les collaborations avec l'ensemble des organismes étudiant le milieu (Le Berre & Gourmelon, 2000). Ce SIG à vocation opérationnelle pourrait entretenir des liens privilégiés avec le Système d'Information pour l'environnement côtier prévu dans le cadre du projet d'observatoire de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (Gourmelon & Le Berre, 2001) ; les deux pôles permettant des échanges facilités et accrus, l'adoption de normes de qualité et le partage des ressources entre scientifiques et gestionnaires.

En conclusion

Lors des deux dernières décennies, les technologies de l'information géographique ont connu des évolutions décisives, permettant notamment l'acquisition de données de plus en plus précises. Outils de connaissance du monde réel, les SIG constituent la synthèse de ces différents progrès et rassemblent, par leurs fonctionnalités, un vaste public composé notamment de scientifiques et de gestionnaires. Cependant, leurs apports à la gestion des ressources naturelles et au développement durable ne sont réels que



**Un SIG pour les îlots protégés d'Iroise ?
Multiplicité des acteurs et des contextes institutionnels envisageables...**



si leur mise en œuvre répond à des objectifs décisionnels clairement formulés. L'implantation d'un SIG opérationnel sur les îlots marins doit s'envisager dans une structure pérenne et se traduire par la mise en commun des données, des compétences et des ressources et par la multiplication des échanges entre les différents acteurs concernés par le milieu. Une approche territoriale, tenant compte des réseaux existants, peut fournir le cadre structurant à l'implantation d'un SIG alimenté et valorisé conjointement par les scientifiques et les gestionnaires. ■

Bibliographie

ASPINALL R.J. 1995 - GIS : their use for environmental management and nature conservation. *Parks*, 5(1), p. 20-31.

BIORET F. & GOURMELON F. 2001 - Cartographie dynamique de la végétation terrestre des îlots marins en réserve naturelle. *Braun Blanquetia*, n° spécial, à paraître.

BROSSARD T., DESSERTY G. & JOLY D. 1998 - Le GPS comme source de données géographiques à grande échelle. *L'Espace géographique*, 1-1998, p. 23-30.

DE SÈDE M.H. & THIÉRAULT M. 1996 - La représentation systémique du territoire : un concept structurant pour les SIRS institutionnels. *Revue internationale de géomatique*, 6 (1/1996), p. 27-50.

GIBBS J.P., SNELL H.L. & CAUSTON C.E. 1999 - Effective monitoring for adaptive wildlife management : lessons from the Galapagos islands. *Journal of Wildlife Management*, 63 (4), p. 1055-1065.

GOURMELON F. 2002 - Classification d'orthophotographies numérisées pour une cartographie à

grande échelle de la végétation terrestre. *Canadian Journal of remote Sensing*, 28 (2), p. 168-174.

GOURMELON F. & LE BERRE I. 2001 - De l'application scientifique au SIG institutionnel : le cas du SIGIroise. Actes du symposium international CoastGIS'01, Halifax (Canada), juin 2001.

GOURMELON F., BIRET F., BRIGAND L., CUQ F., HILY C., JEAN F., LE BERRE I. & LE DÉMÉZET M. 1995 - Atlas de la Réserve de Biosphère de la mer d'Iroise : exploitation cartographique de la base d'information géographique Sigouessant. Cahiers scientifiques du parc naturel régional d'Armorique.

LE BERRE I. 1999 - Mise au point de méthodes d'analyse et de représentation des interactions complexes en milieu littoral. Doctorat de l'Université de Bretagne occidentale, géographie.

LE BERRE I. & GOURMELON F. 2000 - Étude de faisabilité d'un système d'information géographique, projet parc national marin d'Iroise. *Revue internationale de géomatique*, 10 (2/2000), p. 257-271.

PARENT P. 1991 - Digital orthophotography provides a new tool for GIS database integration. *GIS World*, 4 (11), p. 48-49.

PASQUALINI V., PERGENT-MARTINI C. & PERGENT G. 1998 - Use of remote sensing for the characterization of the Mediterranean coastal environment : the case of *Posidonia oceanica*. *Journal of Coastal Conservation*, 4, p. 59-66.

ROCHE S. 1997 - Les SIG : un regard nouveau sur l'espace et sa gestion. Études de cas en France et au Québec. *L'Espace géographique*, 1, p. 60-66.

Françoise GOURMELON est chargée de recherche au laboratoire Géosystèmes (LETG UMR 6554 CNRS), IUEM-UBO, technopôle Brest-Iroise

◀ **Ilots de l'Iroise, de haut en bas : Beniguet, un îlot rocheux prolongé par une grande accumulation sableuse dite queue de comète ; Balaneg dans la Réserve Naturelle d'Iroise (Photos : Envergure)**