

## **Apport de la géomorphologie à une problématique environnementale : comment faciliter le ramassage des algues vertes (*Ulva armoricana*) en baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes-d'Armor) ?**

### **Laurent GAD**

Ingénieur au Cabinet Rochette-Buirette Géomètres-Experts Associés  
2, allée Émile Le Page, "Le Majectic", BP 1344  
29103 - QUIMPER Cedex

### **Serge SUANEZ et Alain HENAFF**

Géomer Brest LETG UMR 6554-CNRS  
Institut Universitaire Européen de la Mer  
Technopôle Brest-Iroise  
29280 - PLOUZANÉ

### **Françoise LIDOU**

Conseil Général des Côtes-d'Armor  
Direction de l'Environnement et de l'Agriculture  
Service Aménagement Rural et Forestier  
2, rue du Parc, BP 2375  
22023 - SAINT-BRIEUC Cedex 1

### **Valérie MOREL**

Équipe d'accueil "Dynamiques des Réseaux et des Territoires" 2468  
Université d'Artois  
9, rue du Temple – BP 665  
62030 - ARRAS Cedex

**Résumé :** À partir des années 1980, une vaste zone déprimée appelée la poche du Yar se creuse en haut d'estran directement à l'arrière de la confluence entre le Yar et le Roscoat en baie de Saint-Michel-en-Grève. Sa présence engendrait deux problèmes que le Conseil général des Côtes-d'Armor avait à résoudre : d'une part, le piégeage d'algues vertes (*Ulva armoricana*) qui, après pourrissement, créaient des désagréments olfactif et paysager durant la période estivale ; d'autre part, la mise à nu du substrat rocheux rendant difficile le ramassage des algues par les engins. Une étude approfondie des processus hydrodynamiques et morphosédimentaires du secteur a permis de proposer l'intervention technique la plus appropriée afin de l'éliminer. L'accent a été mis sur une gestion qui tienne compte des dynamiques naturelles, socio-économiques ainsi que du respect de la législation, privilégiant ainsi l'approche intégrée et environnementale. Les résultats obtenus sur le suivi topo-morphologique sont présentés.

**Mots-clés :** Baie. Algues vertes. Processus hydrodynamiques et morphosédimentaires. Approche intégrée.

**Abstract :** The Yar depression is located on the upper part of the beach of the Saint-Michel-en-Grève bay, directly behind the confluence of the Yar and the Roscoat rivers. It appears during the 80's. The accumulation of green algae (*Ulva armoricana*) in this depression poses two problems for the General Council of the Département of the Côtes-d'Armor : first, when rotten, the algae generate unpleasant odours during the summer months and spoil the scenery ; second, the mechanical collection of green algae is further complicated by the exposed rocky bottom of the depression. A detailed proposal of a technical solution aimed at the management and eventual elimination of these problems is presented. Focusing on the natural processes and the socio-economic dynamics, the solution tries equally to respect the legal restrictions, providing both an integrated and environmental approach. The results obtained by topographic measurements are presented.

**Key words :** Bay. Green Algae. Hydrodynamical Processes and Morpho-Sedimentary Dynamics. Technical Management. Integrated Approach.

Depuis une trentaine d'années, on observe sur les côtes du département des Côtes-d'Armor des foyers de prolifération d'algues vertes de type ulves (*Ulva armoricana*) appelés "marée verte". La baie de Saint-Michel-en-Grève est l'un des sites les plus touchés du département. Les causes ont abondamment été étudiées et discutées (Vasserot, 1990 ; Piriou, 1993, 1995), elles sont la conjonction de plusieurs phénomènes. On a, d'une part, les rejets excédentaires de nutriments (azote et phosphore)

transportés par les cours d'eau et les eaux de ruissellement. Dans la baie de Saint-Michel-en-Grève, on compte cinq petits fleuves côtiers dont les bassins versants sont largement exploités par l'agriculture (fig. 1). Ils véhiculent des flux de nutriments qui, bien que ne dépassant pas les normes sanitaires, sont suffisamment élevés pour nourrir chaque année une importante prolifération algale. La deuxième raison concerne le faible hydrodynamisme et les profondeurs peu élevées favorables à un réchauffement précoce des eaux. À ces deux éléments s'ajoute le contexte géomorphologique de plage de fond de baie impliquant un faible renouvellement des eaux. Il en résulte une très lente dispersion des éléments nutritifs en mer.

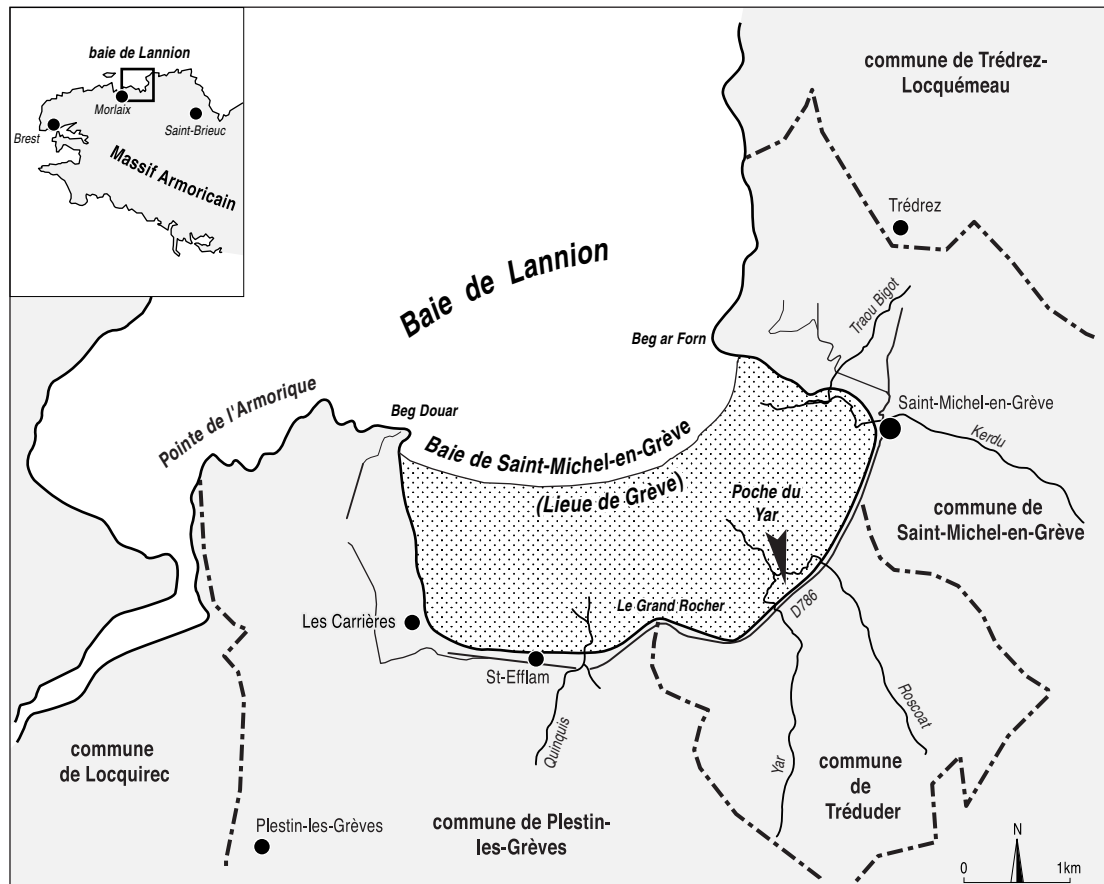


Fig. 1 : Localisation de la zone d'étude

D'un point de vue environnemental, les marées vertes se manifestent par des accumulations d'algues sur le haut de plage pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètres de hauteur. Durant les fortes chaleurs d'été, la putréfaction organique dégage des odeurs nauséabondes. Pour les sites les plus touchés, les municipalités entreprennent depuis plusieurs années des campagnes de ramassage avant la période estivale. Toutefois, à Saint-Michel-en-Grève, ces interventions s'avéraient d'autant plus difficiles que, depuis les années 1990, s'était creusée en arrière de la confluence du Yar et du Roscoat une vaste zone déprimée appelée la poche du Yar. Cette dépression était toujours en eau et le démaigrissement du haut de plage avait mis à nu le substrat rocheux, rendant cet espace impraticable aux engins de travaux publics. Ainsi, à l'étable de pleine mer, les algues s'échouaient dans cette cuvette et le jusant n'arrivait plus à les réexporter vers le large. À marée basse, une large partie de l'estran devenait vite impraticable. Devant la chute de fréquentation touristique et le mécontentement des riverains, les collectivités locales se sont mobilisées afin de trouver une solution au problème. Ainsi, en 1993 le Conseil général des Côtes-d'Armor a lancé un programme de suivi du phénomène renforcé en 1995-1996, notamment grâce à l'obtention de fonds européens de type FEDER. Il a également initié un diagnostic maritime et terrestre du secteur dans le but d'étudier et de réduire à terme le phénomène des marées vertes. L'approche menée s'inscrivait dans un programme plus vaste de lutte

contre la prolifération des algues vertes, s'appuyant sur trois axes principaux : un volet préventif portant en tout premier lieu sur le diagnostic de la zone, un suivi du phénomène dans le milieu marin confié en partie au CEVA (Centre d'Étude et de Valorisation des Algues) et des actions de type curatif. C'est dans ce dernier cadre que se situe cette étude.

En effet, le laboratoire LETG *Géolittomer*-Brest, en la personne du Professeur Jean-Pierre Pinot, a été sollicité en 1997 par le Conseil général des Côtes-d'Armor afin d'effectuer une expertise scientifique du site. Cette dernière devait déboucher sur des propositions d'interventions visant à éliminer la poche du Yar en favorisant son comblement. Par la suite, un suivi topo-morphologique du secteur a été réalisé à partir du mois de février 1998 ; ce travail est, par ailleurs, toujours en cours (Pinot *et al.*, 1999 ; Gad *et al.*, 1999 ; Gad, 1999 ; Suanez *et al.*, 2001 ; Suanez, 2002). Cet article présente l'ensemble de la démarche scientifique menée tout au long de l'expertise géomorphologique du site et les résultats obtenus par le suivi topo-morphologique.

## I – CADRE GÉOGRAPHIQUE DE LA ZONE D'ÉTUDE

L'étude géographique du site permet de décrire et de comprendre l'organisation du paysage dans sa dimension physique et humaine. Cette analyse répond également à plusieurs interrogations posées par la problématique de départ. Il s'agissait, d'une part, de voir si les apports sédimentaires fluviaux (ou autres), étaient potentiellement suffisants pour permettre le comblement de la poche du Yar ; d'autre part, d'identifier les dynamiques responsables de la genèse et du maintien de la poche du Yar.

### A – Spécificités morphologiques d'une plage de fond de baie

La baie de Saint-Michel-en-Grève se présente sous la forme originale d'une plage de fond de baie, elle-même inscrite dans une plus large échancrure : la baie de Lannion (fig. 1). La splendeur du paysage est une des caractéristiques de beaucoup de plages de fond de baie de la côte nord du Léon et du Trégor. C'est une des raisons pour lesquelles ce site a été classé en espaces remarquables au début des années 1990. L'inventaire des sites classés est établi par les services de l'État en application des dispositions des articles L 146-6 et R 146-1 et 2 du Code de l'Urbanisme issus de la loi du 3 janvier 1986 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral. Il vise à protéger des espaces présentant un intérêt écologique particulier. Ainsi, la réalisation d'ouvrages ou de travaux dans ces zones est soumise à des règles strictes et doit être précédée d'une enquête publique. Le choix de l'aménagement proposé a bien entendu dû tenir compte de cette réglementation.

La baie est cernée par des versants élevés dont l'altitude décroît d'ouest en est de 80 m à une cinquantaine de mètres. Ils sont pour la plupart nappés de matériaux meubles périglaciaires (*head*) que l'érosion marine a entaillés en falaises (Briand et Quéméneur, 1973). La présence de niches d'arrachement ou de coulées solifluées procède à la fois des agents morphogènes sub-aériens (pluie et ruissellement), mais également de la dynamique marine car la houle, lors des marées de vive-eau, vient saper les parties basales déstabilisant ainsi l'ensemble de l'escarpement. Ces processus concernent essentiellement les secteurs est et ouest de la baie qui se présentent le plus souvent sous la forme de falaises vives façonnées dans le substrat rocheux alors exhumé (fig. 2). Les apports sédimentaires potentiels fournis par l'érosion de ces versants paraissent négligeables. Ils se limitent à quelques accumulations en pied d'escarpement, formées de blocs et de galets hétérogènes. Ce matériel correspond aux éléments grossiers constituant le *head* repris par la dynamique marine. Le fond de la baie est, quant à lui, protégé par un enrochement qui a totalement coupé la base des versants de toute action marine. Mis en place à la fin des années 1970, il protège la D786 sur plus de 1 500 m et s'étend sur les communes de Plestin-les-Grèves, Tréduder et Saint-Michel-en-Grève. On note enfin la présence d'un pavement de matériaux grossiers situé à quelques dizaines de centimètres sous l'estran. Cette formation est nettement visible dans le chenal des cours d'eau car elle en constitue le plancher alluvial (fig. 2). Elle est supposée être d'âge pléistocène. J.-P. Pinot (1965) explique sa présence en haut d'estran par des apports effectués par les algues à crampons (laminariacées) lors des tempêtes. Ils forment ensuite un pavement par déplacement vertical des galets vers un même horizon lors des phases d'érosion de la plage. Nous verrons comment ce matériel a pu être utilisé dans les opérations de guidage des filières du Yar et Roscoat.

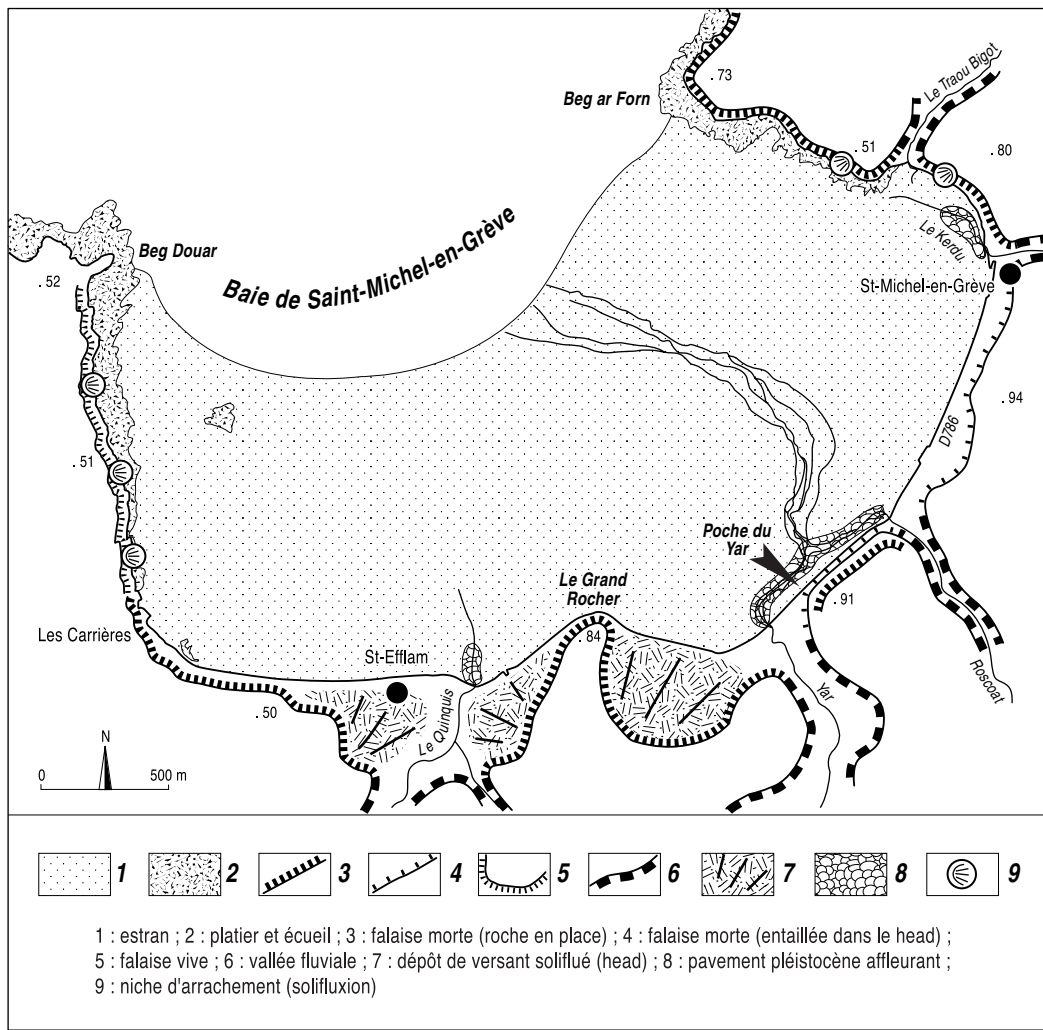


Fig. 2 : Carton géomorphologique simplifié de la baie de Saint-Michel-en-Grève

### B – Le caractère morphodynamique général dissipant

La baie de Saint-Michel-en-Grève est ouverte sur le nord-nord-ouest et reste soumise aux houles dominantes d'ouest qui entrent en Manche. Elles sont cependant diffractées avant leur arrivée dans la baie par l'extrémité nord-orientale du Léon et l'île de Batz ainsi que par les pointes de Primel et de Beg Douar à l'ouest immédiat de la baie de Lannion. Leur fetch de nord-nord-ouest est susceptible de provoquer une attaque frontale de la baie, il est toutefois limité vers le nord par l'extrémité occidentale de la Cornouaille anglaise à moins de 250 km. Dès qu'elles pénètrent dans la baie, ces houles sont fortement amorties par la très faible pente de l'estran (2 à 3 ‰). Le caractère hyper dissipant de la baie se traduit par plusieurs lignes de déferlement de type déversant. Dans ce contexte, on imagine assez mal que des courants de retour capables d'exporter des sédiments vers le large se mettent en place. Toutefois, l'importance du marnage (9,3 m à Locquirec) fait que, lors des marées de vive-eau, les dernières lignes de déferlement atteignent l'enrochement de fond de baie qui présente, pour sa part, un profil très redressé (pente d'environ 60 ‰ sur une hauteur de 3 m). Dans ces conditions, l'obstacle que constitue l'enrochement favorise l'apparition d'ondes réfléchies ainsi que la remise en suspension des sédiments du haut d'estran. Ces derniers sont ensuite repris et exportés vers le large par les courants fluviaux des filières confluentes du Yar et du Roscoat. Il faut donc privilégier la dynamique fluviale comme facteur d'explication de l'évidement et du maintien de la poche du Yar.

### C – Rôle négligeable des apports fluviaux

Le système fluvial de la baie de Saint-Michel-en-Grève est composé de cinq cours d'eau que l'on peut classer par ordre d'importance en fonction de leur longueur, la surface de leur bassin-versant et leur débit (tableau 1). Ces débits, replacés dans le contexte hydrologique trégorrois, sont relativement faibles en comparaison de ceux de la rivière de Morlaix située plus à l'ouest ou du Léguer qui traverse Lannion à l'est.

Il existe très peu de données sur l'hydrologie de ces cours d'eau. Seul, le Yar a fait l'objet d'études récentes menées par l'INRA (Molénat *et al.*, 1998) et le CEMAGREF (Cann, 1993, 1994 ; Estéoule, 1994), dans le cadre du programme de la lutte contre les marées vertes. La variabilité saisonnière des débits liquides s'exprime à travers la spécificité du climat océanique. À la période hivernale marquée par les fortes crues pouvant atteindre 5 m<sup>3</sup>/s, succède une baisse progressive des écoulements jusqu'aux minima d'étiage estival (0,2 m<sup>3</sup>/s). Le débit solide suit les mêmes variations que le débit liquide, la majeure partie du transport solide s'effectuant lors des crues. Les estimations réalisées par le CEMAGREF (Cann, 1994) sur le flux annuel de MES sont très variables suivant les années : 319 t en 1991, 753 t en 1992, 1 030 t en 1993. Le CEMAGREF qualifie toutefois ces chiffres de "faibles", ce qui ne semble pas étonnant étant donné les faibles débits et l'importance du couvert végétal qui limite l'action érosive. La granulométrie du matériel transporté par le Yar correspond en majeure partie à des limons et des argiles enrichis en matière organique (40 µm), les matériaux les plus grossiers n'étant représentés que par une très faible part de sables fins (100 µm à 120 µm). Ces données montrent que les apports fluviaux dans la baie sont très modestes et restent constitués en grande partie de MES rapidement dispersées vers le large.

Cours d'eau	Traou Bigot	Quinquis	Kerdu	Roscoat	Yar	Morlaix	Léguer
Débit moyen mai (m <sup>3</sup> /s) (#)	0,007	0,03	0,1	0,3	0,7	2,9	4
Surface bassin-versant (ha)	300	600	1 600	3 300	6 200	19 100	49 350
Longueur (km)	1	3,7	6	12	19,5	19	*

**Tableau 1 : Caractéristiques morphologiques et hydrologiques des cours d'eau de la baie de Saint-Michel-en-Grève, de la rivière de Morlaix et du Léguer (Lannion) ;  
(#) moyenne établie sur les mois de mai de 1993 à 1996 ; \* : données manquantes**

### D – Premiers éléments de synthèse sur le secteur d'étude

Deux éléments ressortent de cette première approche. D'une part, l'absence d'apports sédimentaires autochtones suffisamment importants pour combler la poche du Yar : l'alimentation par l'érosion des falaises meubles reste négligeable et très localisée ; les apports fluviaux, quant à eux, sont également faibles et beaucoup trop fins pour constituer un stock sableux potentiellement capable d'alimenter la plage. D'autre part, le caractère morphodynamique hyper dissipant de la baie est plutôt favorable à l'engraissement du haut de plage par la houle si tant est que cette dernière ait du matériel à transporter.

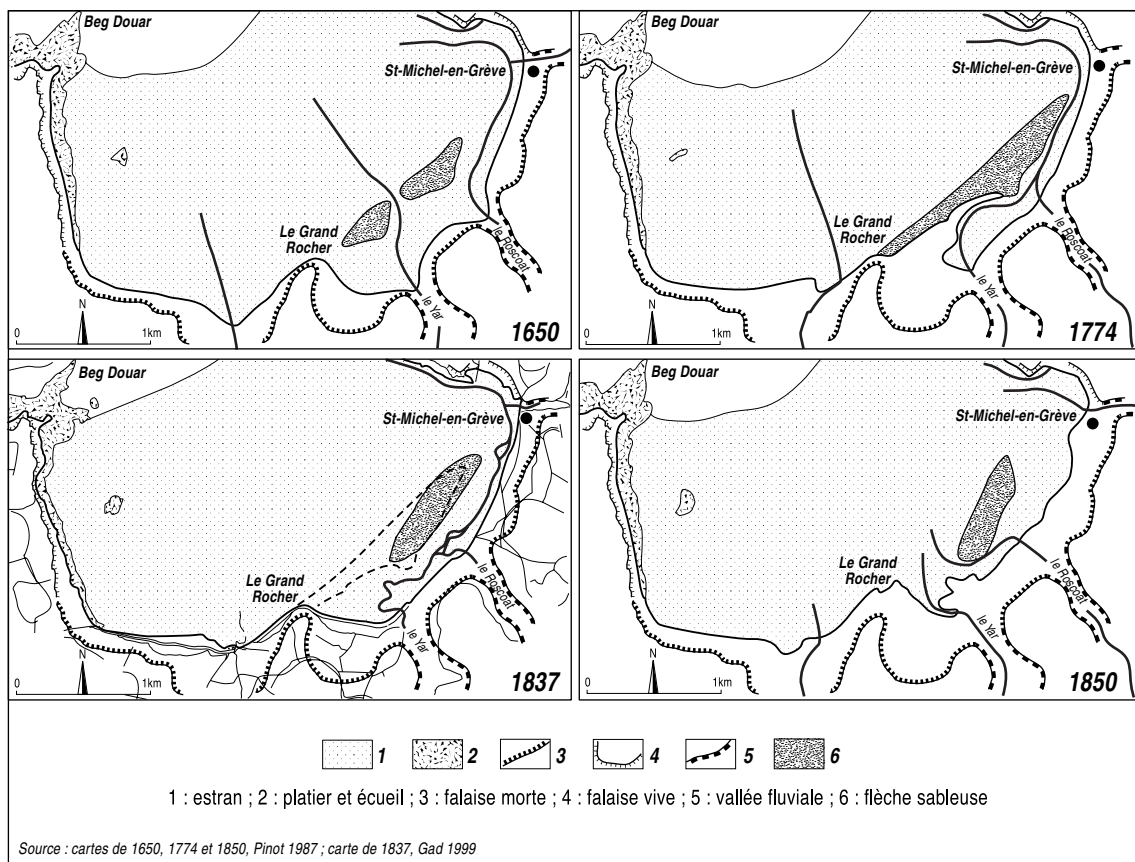
## II – FONCTIONNEMENT MORPHOSÉDIMENTAIRE ET DYNAMIQUE DE LA BAIE DE SAINT-MICHEL-EN-GRÈVE

L'étude du fonctionnement hydrodynamique et morphosédimentaire de la baie s'appuie sur des méthodes classiques comme l'analyse de documents anciens ou la reconnaissance des formes et de leur évolution.

### A – Récurrence de la convergence du Yar et du Roscoat depuis le XVII<sup>e</sup> siècle

L'étude historique de l'évolution morphosédimentaire de la baie de Saint-Michel-en-Grève a fait l'objet de nombreux travaux (Pinot, 1987, 1993 ; Chauris, 1991). Elle repose en grande partie sur l'utilisation de cartes anciennes levées par les Ingénieurs Géographes du Roi et dont la première remonte au XVII<sup>e</sup> siècle (fig. 3). L'étude diachronique de ces documents montre des étapes de construction, puis de

destruction d'une flèche dunaire à pointe libre ancrée au pied du Grand Rocher. Ces différentes situations sont en relation avec le tracé confluant ou divergent du Yar et du Roscoat.



**Fig. 3 : Changements morphosédimentaires de la baie de Saint-Michel-en-Grève antérieurs au XX<sup>e</sup> siècle**

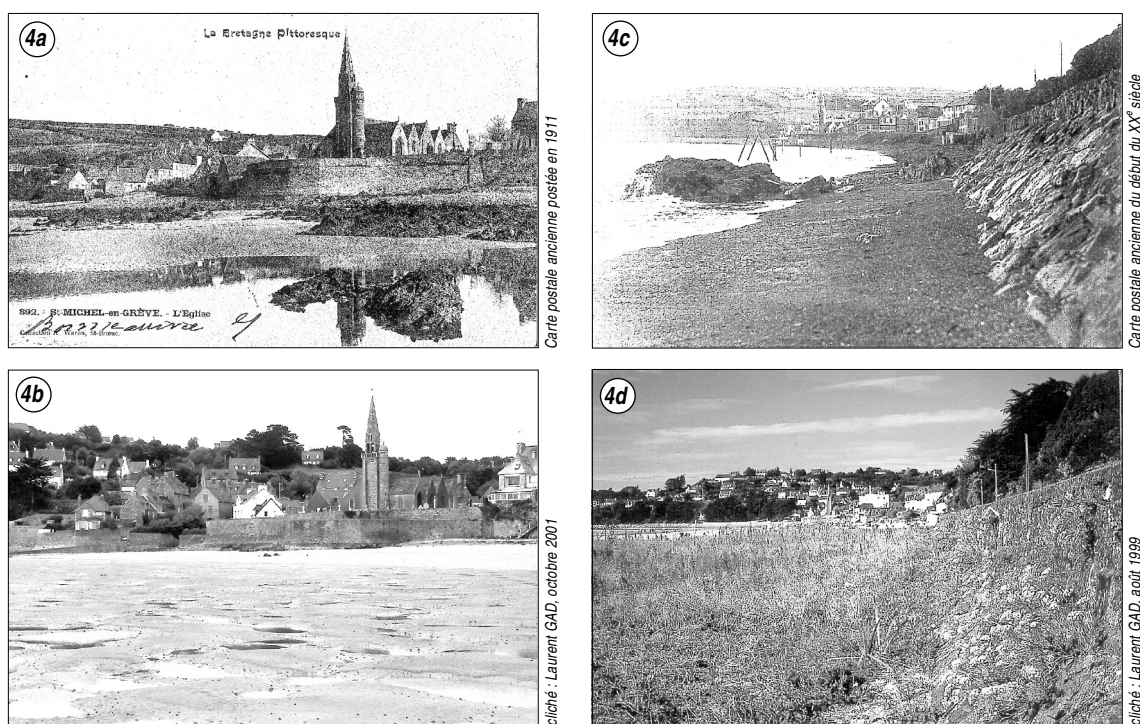
En 1650, la flèche est rompue à son point d'ancrage ainsi qu'en son milieu par les deux filières alors divergentes. La carte des Ingénieurs du Roi de 1774 montre une situation inverse. La flèche a progradé de telle sorte qu'elle s'étend jusqu'au bourg de Saint-Michel-en-Grève, attestant ainsi la présence d'une dérive littorale orientée d'ouest en est. Cette évolution est à l'origine de la confluence du Yar et du Roscoat et s'explique vraisemblablement par l'importance des apports sédimentaires. En effet, la carte semble indiquer qu'à cette période la flèche était continuellement émergée au moins dans sa partie proximale manifestement végétalisée. Les situations de 1837 et 1850 montrent que la flèche est de nouveau rompue par les deux cours d'eau alors divergents. Il subsiste une "île" sableuse, portant un tapis végétal relativement dense, située directement à l'est du débouché du Yar.

Faute de données, il est assez difficile d'établir les raisons principales de la rupture de la flèche à des périodes données. L'intervention conjuguée des agents morphogènes, tels que les tempêtes, l'augmentation du débit fluvial ou encore la baisse des apports sédimentaires, sont autant de paramètres susceptibles de rompre un équilibre hydrosédimentaire nécessaire au développement de la flèche sableuse. L'action anthropique joue également un rôle non négligeable comme en témoigne un article du journal le *Lannionnais* datant du 9 juin 1866. Ce dernier relate la manière dont les paysans locaux prélevaient le sable au point d'ancrage de la flèche pour amender leurs champs, accélérant ainsi les phénomènes d'érosion de la flèche au niveau de la filière du Yar. Il est à noter que ces pratiques ont perduré jusqu'en 1995, ce qui, en partie, explique aujourd'hui la quasi-disparition de cet édifice sableux. Quoi qu'il en soit, une fois rompue, la flèche évolue comme une barre qui s'accroche progressivement au trait de côte de manière parallèle à la côte, engraisant ainsi le haut de plage et/ou

construisant une dune. C'est ce qu'illustre entre 1650 et 1850 l'importante progradation du trait de côte en fond de baie.

### B – Tendances à l'engraissement au cours du XX<sup>e</sup> siècle

La méthode consiste à confronter des cartes postales anciennes et des photographies récentes en remontant jusqu'à 1911 (fig. 4). Cette approche très descriptive permet de donner une bonne appréciation des modifications morphosédimentaires enregistrées par le secteur d'étude. La comparaison des photographies 4a et 4b prises au bas du mur du cimetière de Saint-Michel-en-Grève montre une accrétion particulièrement importante. Au début du siècle, le platier rocheux affleure en plusieurs endroits, alors qu'aujourd'hui il a totalement disparu sous les apports sédimentaires. On estime entre 1 et 2 m l'épaisseur de sable gagnée dans ce secteur.



**Fig. 4 : Modification du paysage littoral de la baie de Saint-Michel-en-Grève au cours du XX<sup>e</sup> siècle**  
4a et 4b : Église de Saint-Michel-en-Grève ; 4c et 4d : muret de la D 786 entre le Kerdu et le Roscoat

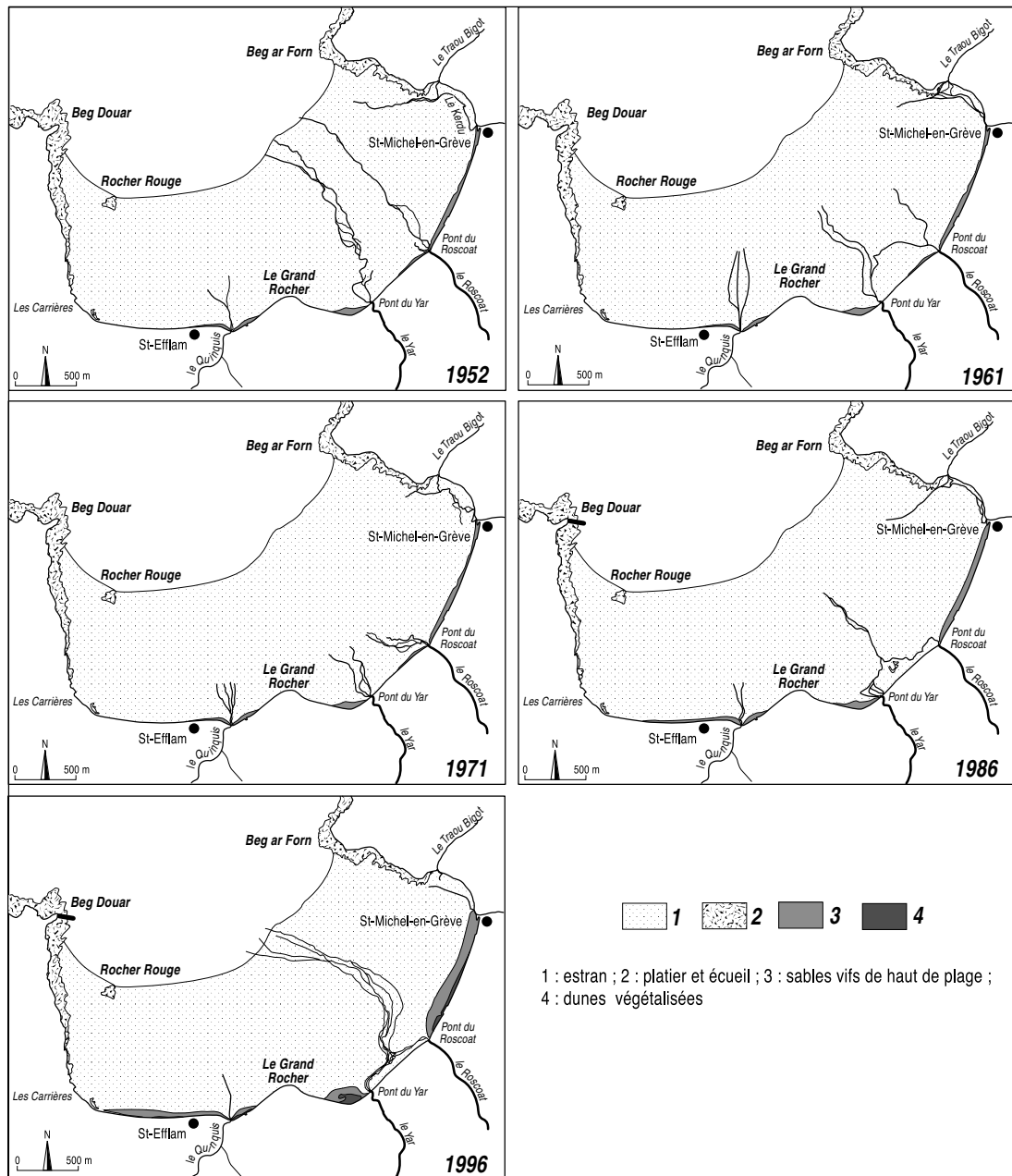
On observe le même phénomène en comparant les figures 4c et 4d. Dans ce secteur, on constate qu'un champ de dunes inexistant au début du siècle est apparu. J.-P. Pinot (1987) mentionnait déjà à cette période l'importance de l'engraissement dans ce secteur. En effet, le rocher rose, présent en 1920, n'affleurerait plus que d'une trentaine de centimètres en 1987, et, aujourd'hui, il a totalement disparu.

### C – Récent creusement de la poche du Yar

Pour la période la plus récente, l'étude diachronique de photographies aériennes a permis de dégager quelques éléments forts sur l'évolution morphosédimentaire et la dynamique fluviale de la baie de Saint-Michel-en-Grève. Cinq dates couvrant les cinquante dernières années ont été retenues. Après avoir été géométriquement corrigées et recalées par rapport à la carte topographique IGN au 1/25 000, les photographies ont fait l'objet d'une cartographie diachronique par photo-interprétation dont les résultats sont présentés dans la figure 5.

L'évolution mi-séculaire du site montre deux points importants. Premièrement, on note la construction d'un cordon dunaire dans la zone située directement à l'ouest de l'embouchure du Yar au niveau du virage de la D786 et celui compris entre le pont du Roscoat et le bourg de Saint-Michel-en-Grève. De

1952 à 1986, on ne distingue à ces deux endroits qu'un haut de plage constitué, suivant les périodes, de sables vifs. Il faut attendre la fin des années 1990 pour que se mettent en place de véritables dunes végétalisées. Ces dernières n'ont pu se développer qu'à l'occasion d'apports sédimentaires importants et confirment ainsi les résultats obtenus par l'étude des cartes postales anciennes. Le deuxième point concerne la dynamique fluviale, en l'occurrence les filières du Yar et du Roscoat. De 1952 à 1971, les deux cours d'eau sont divergents. Entre les deux filières, l'absence de têtes de roche affleurantes en haut de plage montre que le creusement de la poche du Yar n'est pas encore réalisé. La période 1970-1980 marque un changement important. En 1986, le Roscoat ayant capturé le Yar, apparaissent alors en amont de la convergence des éléments rocheux issus du platier sous-jacent, attestant ainsi la présence d'une zone déprimée à cet endroit. Cette situation a perduré tout en s'accroissant comme le montre le cliché de 1996. À cette date, la ligne de convergence des deux filières a migré vers le fond de la baie provoquant l'affleurement d'une surface beaucoup plus importante du platier en haut d'estran.



**Fig. 5 : Étude diachronique par photo-interprétation de l'évolution morphosédimentaire récente de la baie de Saint-Michel-en-Grève**



Le levé topographique effectué en février 1998 montre une configuration similaire à celle de 1996. Elle s'explique par l'existence d'une flèche sableuse orientée d'ouest en est qui contraint le Yar à s'écouler vers le Roscoat et à se faire capturer par ce dernier (fig. 6). Cette situation rappelle à bien des égards celle décrite par l'analyse de la carte ancienne de 1774 (fig. 3).

#### **D – Discussion sur le fonctionnement hydrosédimentaire**

L'ensemble des données morphosédimentaires passées et actuelles recueillies sur le site permet de proposer dans un premier temps un schéma du fonctionnement hydrosédimentaire du site. De toute évidence, un courant de dérive littorale orienté d'ouest en est commande l'ensemble du transport sédimentaire dans la baie de Saint-Michel-en-Grève. Il est lié aux houles atlantiques qui entrent en Manche et pénètrent dans la baie suivant une direction NW-SE. Cette circulation explique la construction de la flèche sableuse ancrée au pied du Grand Rocher que l'on retrouve clairement sur les cartes anciennes (du XVII<sup>e</sup> au XIX<sup>e</sup> siècle). Pour la période récente, la flèche est encore présente, mais son développement est bien moindre. Ce transit hydrosédimentaire est également à l'origine des phénomènes d'exhaussement de la plage au niveau du bourg de Saint-Michel-en-Grève ou, encore, de la progradation du trait de côte le long de la D786 qui s'accompagne le plus souvent du développement d'un cordon dunaire évolué. Ces éléments morphosédimentaires témoignent de l'importance des apports sédimentaires dans la baie de Saint-Michel-en-Grève. Si l'on tient compte du fait que les apports fluviaux susceptibles d'enrichir l'estran sont inexistantes au même titre que ceux issus de l'érosion des falaises meubles cernant la baie, on peut dire que l'alimentation est en majeure partie réalisée par la dynamique marine (houles et courants). Ces résultats vont dans le même sens que les observations faites par J.-P. Pinot (1995) sur d'autres plages de la région de Lannion.

Le deuxième élément de synthèse concerne la dynamique fluviale. Ces données montrent également que la convergence du Yar et du Roscoat n'a pas toujours existé. Il semblerait qu'un rapport de force prenne place entre les dynamiques marine et fluviale. À certaines périodes comme en 1650, 1850 ou encore le milieu du XX<sup>e</sup> siècle, la dynamique fluviale domine de telle sorte que les écoulements ont assez de compétence pour perforer la flèche sableuse et prendre un tracé perpendiculaire au linéaire côtier, les filières sont alors divergentes et il ne semble pas exister de zone déprimée en haut d'estran. La situation inverse est traduite par la carte de 1774 ou à partir des années 1980. Pour ces deux périodes, les courants de dérive plus importants (auxquels s'ajoute peut-être une diminution de la compétence fluviale) contraignent le Yar à s'écouler vers l'est en direction du Roscoat et à se faire capturer. Dans ce contexte, il se creuse à l'amont de la confluence une zone déprimée où affleure une partie du platier sous-jacent (la poche du Yar).

### **III – PROPOSITION D'UNE SOLUTION TECHNIQUE LA PLUS APPROPRIÉE**

Au terme de cette étude préalable, une proposition d'aménagement a été faite par le laboratoire Géolittomer-Brest, en la personne du Professeur J.-P. Pinot, en collaboration avec le groupe de travail mis en place par le Conseil général, constitué des élus locaux, des services du Conseil général, des scientifiques de l'IFREMER et du CEVA, des administrations concernées (en particulier la DDE et la DIREN) et de la Chambre d'Agriculture. L'expertise géomorphologique, le contexte socio-économique et le cadre réglementaire sont autant de paramètres avec lesquels il a fallu composer pour aboutir à la solution la plus appropriée. Il convient de rappeler que la solution adoptée devait permettre de traiter le problème de la poche du Yar sans pour autant régler la question de la prolifération des ulves qui s'inscrit, elle, dans une problématique beaucoup plus large de gestion du bassin-versant en amont du littoral.

La solution a consisté à rouvrir les deux filières, parallèlement à la plus grande pente de l'estran, par le creusement artificiel d'un chenal d'une pente constante de 3 ‰ à l'aide d'engins mécaniques de type pelleuse et épilucheur. Ainsi, on permettait aux longues houles hivernales de démanteler la flèche sableuse qui tend à se développer en aval de la confluence du Yar et du Roscoat et de remonter le matériel sédimentaire jusqu'au pied de l'enrochement. Le but était de reconstruire la pente d'équilibre du haut de plage afin de :

- diminuer le caractère réfléchissant de l'estran au pied de l'enrochement qui favorise la remise en suspension des sables ;
- d'éliminer les processus d'évidement de la poche par les courants fluviaux convergents ;
- de favoriser le départ des algues vers le large lors du jusant.

Dans un second temps, nous avons œuvré afin que les cours d'eau restent contenus dans leur tracé rectiligne. Pour ce faire, la partie amont des berges du Yar et du Roscoat a été renforcée par la construction de bourrelets à partir des produits de curetage du fond des lits. Ceci fut décidé afin que les effets de la dérive littorale ne forcent pas le Yar à divaguer de nouveau vers le Roscoat.

Les travaux de rectification ont eu lieu alors que les coefficients de marées étaient suffisamment importants pour que le haut de plage soit submergé et, par là même, que le transport sédimentaire par les houles atteigne le secteur de la poche. La rectification des deux filières a donc eu lieu lors des marées de vive-eau du début du mois de mars 1998 par coefficient supérieur à 100. Ces interventions ont été renouvelées fin mars 1999 alors que la première tentative s'était soldée par un échec. Depuis cette date, le comblement sédimentaire de la poche du Yar s'est fait de façon constante.

#### IV – LE SUIVI TOPO-MORPHOLOGIQUE DU SITE ET DE SON AMÉNAGEMENT

Depuis le mois de février 1998, date de la première intervention, le laboratoire LETG *Géolittomer-Brest* assure le suivi topo-morphologique du site (Pinot *et al.*, 1999 ; Gad *et al.*, 1999 ; Gad, 1999 ; Suanez *et al.*, 2001 ; Suanez, 2002). Le but est de contrôler le tracé des deux filières et d'évaluer le comblement de la poche du Yar. Les mesures sont réalisées à l'aide d'un tachéomètre laser (Nikon DTM 300), puis traitées à partir d'un logiciel 3D (Surfer 7.0) permettant ainsi de construire des modèles numériques de terrain ou des cartes en isohypses. Nous présentons dix relevés sur les vingt-trois campagnes de mesures réalisées jusqu'à ce jour (fig. 5a et 5b).

##### A – Échec et leçons de la première intervention

Le premier levé du 24 février 1998, qui a été effectué avant la première intervention, nous renseigne sur la situation initiale du site (fig. 6a). On peut voir notamment que la divagation du Yar est due à la présence d'une flèche orientée d'ouest en est. Les profils 1 et 2 montrent clairement l'existence de la poche qui s'étend alors sur 150 m de large et atteint plus d'un mètre de profondeur dans sa partie la plus marquée. L'ouverture des filières a été réalisée entre les 2 et 4 mars 1998. Durant cette période, seuls les chenaux artificiels ont été levés. Dix jours après cette première intervention, la morphologie de la plage évoluait fortement. Les filières développaient une série de méandres assez inquiétants. Dans le même temps, la flèche située en aval de la confluence commençait à migrer vers le haut de plage entraînant un début de comblement de la poche du Yar, ceci est particulièrement visible au niveau du profil 2. On estime à environ 600 m<sup>3</sup> le volume de sables déplacé vers la poche durant ces 10 jours. Le succès ne sera que de courte durée car, au début du mois d'avril, le Yar va rompre sa berge en rive droite et se déverser dans la poche encore présente. Très vite, il sera de nouveau capturé par le Roscoat. Le levé du 27 avril 1998 montre un retour à la situation de départ ; toutefois, le profil 2 montre un exhaussement de la plage en pied d'enrochement alors que la confluence du Yar et du Roscoat est déplacée vers le bas de l'estran.

Le bilan de cette première phase d'intervention fut assez mitigé. Certes, les objectifs fixés n'étaient pas atteints, mais la faible alimentation du haut de plage montrait que le comblement de la poche était possible dès lors que les filières étaient divergentes.

##### B – La deuxième tentative est un succès

Au mois de mars 1999, à la demande du Conseil général des Côtes-d'Armor, une deuxième intervention fut décidée (fig. 6b). Cette fois, une attention particulière fut portée au renforcement des berges artificielles afin que les filières soient contenues dans leur tracé rectiligne. Le levé du 10 mars 1999 nous montre la situation avant les travaux. On peut voir que la poche s'est agrandie tandis que le chenal "confluent" du Yar se retrouve très proche de l'enrochement de fond de baie.

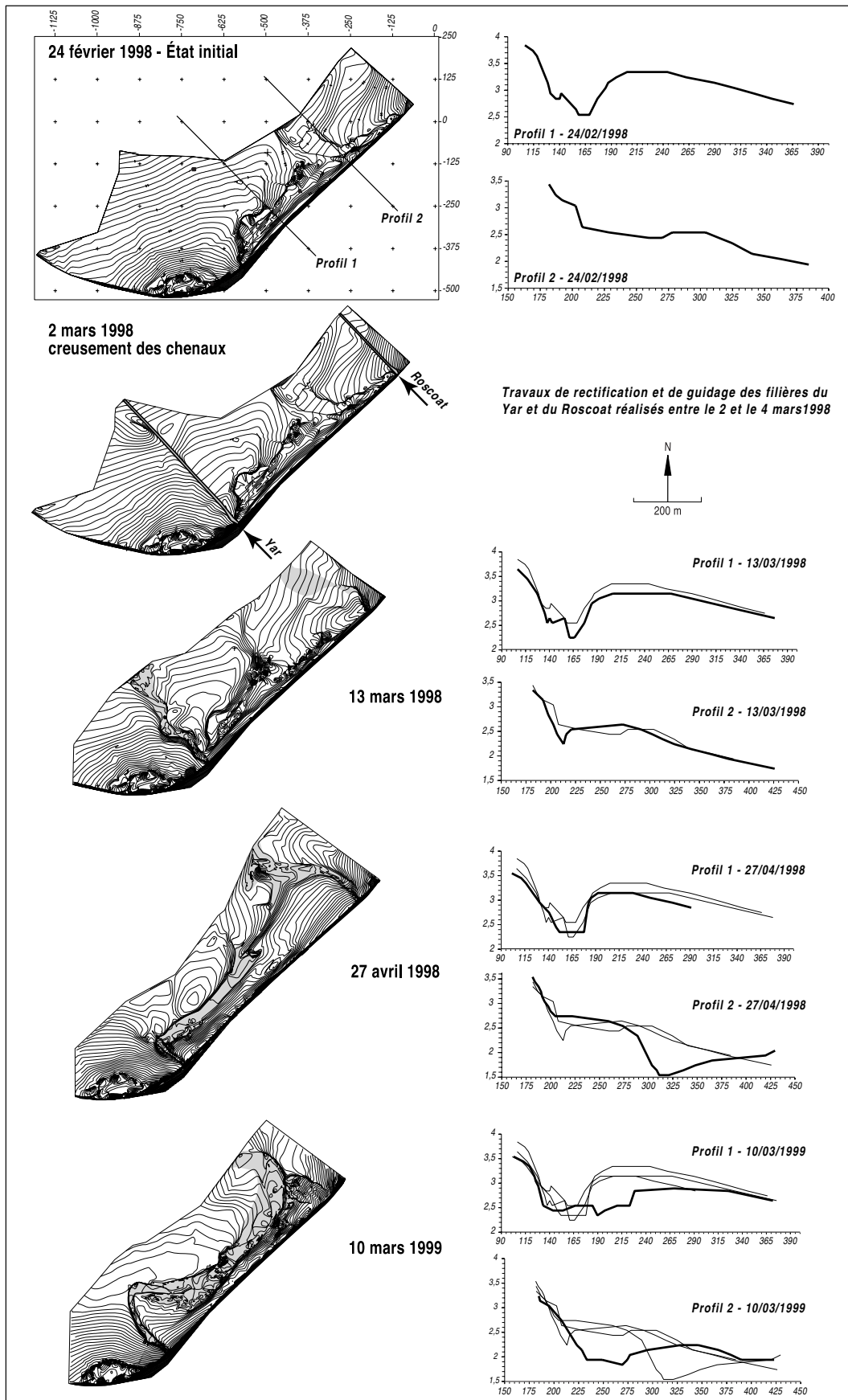


Fig. 6a : MNT et profils de plage entre février 1998 et mars 1999

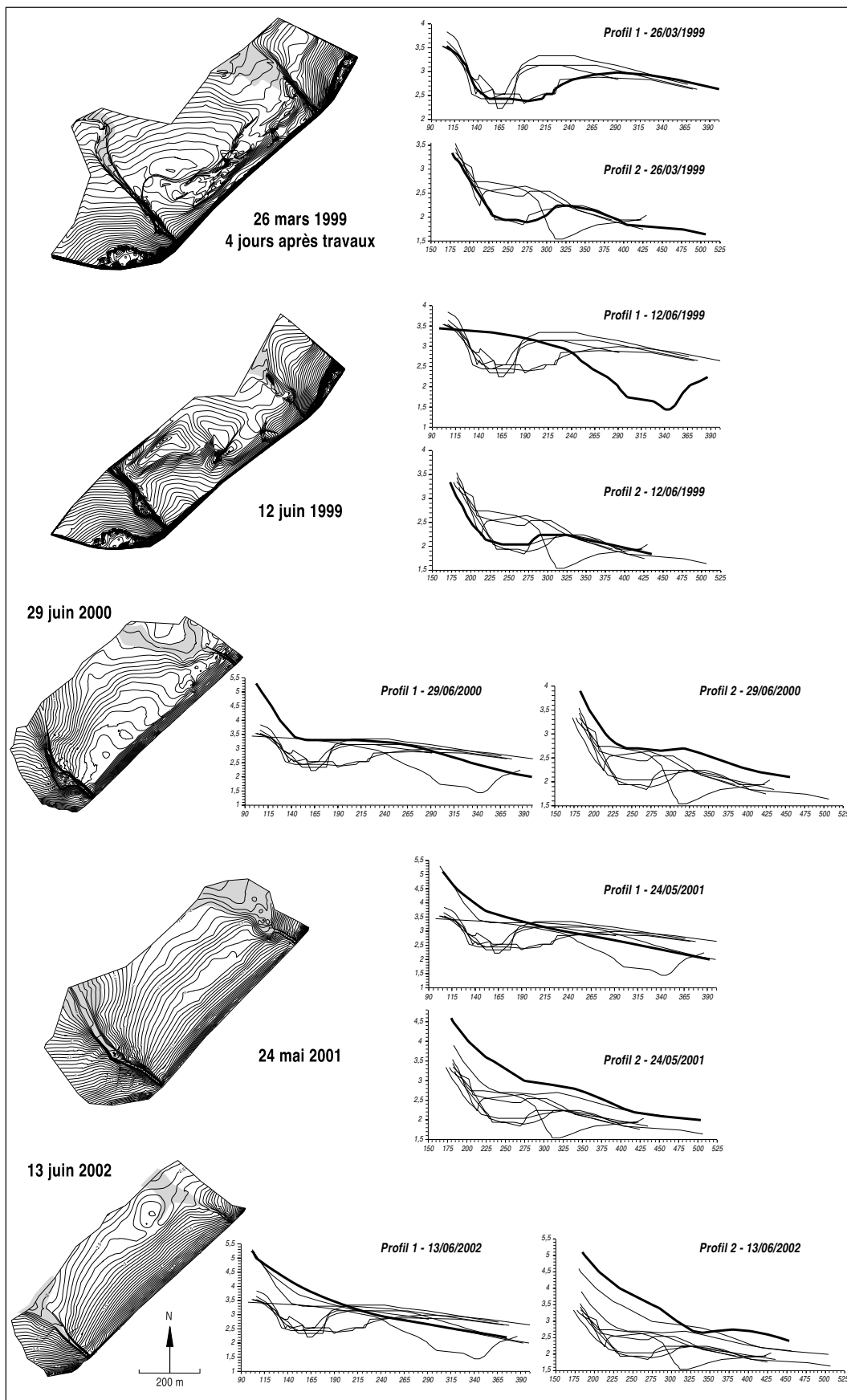


Fig. 6b : MNT et profils de plage réalisés entre les mois de mars 1999 et juin 2002

La réouverture artificielle des filières est illustrée par le levé du 26 mars 1999 : contrairement à la première intervention, le creusement des chenaux a été plus important de façon à encaisser profondément les deux cours d'eau dans l'estran. De plus, comme nous l'avons souligné précédemment, le maintien des filières s'est fait par un renforcement plus efficace, et plus étendu vers l'aval, des levés de berges. "L'armement" des rives dans la partie amont s'est fait par la construction d'un bourrelet constitué de matériaux grossiers issus du produit de curetage de fond de lit.

Dès le mois de juin 1999, des premiers résultats très encourageants se faisaient sentir. Comme on peut le voir sur le levé du 12 juin 1999, le comblement de la poche était déjà bien entamé. Au niveau du profil 1, on enregistrait 1 m d'accumulation sableuse, directement lié au transfert de matériel du bas vers le haut d'estran, par le démantèlement de la flèche située en aval. Un an après, le comblement général de la poche était pratiquement réalisé avec pour conséquence l'enfouissement partiel des têtes de roche. Le levé du 29 juin 2000 montre combien les apports ont été importants, et, dans le même temps, on note que le profil transversal de la plage tend à se rééquilibrer. À partir de cette date, la tendance a été à l'accrétion lente mais continue. Comme le montre le levé du mois de mai 2001, l'engraissement du haut de plage concerne l'ensemble de la poche. À cette date, les têtes de roche ont pratiquement disparu, n'affleurant plus que de quelques centimètres. Le dernier levé effectué en juin 2002, enregistre un exhaussement de la plage en haut d'estran atteignant plus de 2 m de hauteur sur l'ensemble la période. La plage a retrouvé son profil d'équilibre, et, bien plus encore, les dernières observations ont montré l'apparition de dunes embryonnaires en pied d'enrochement de fond de baie sur lesquelles s'est installée une végétation de type halonitrophile telle que l'Atriplex, le Cakilé maritima, la soude (*Salsola kali*) et le chiendent des sables.

## Conclusion

Après plus de quatre années d'observation, on peut dire que cette action a été un succès tant sur le plan environnemental que sur le plan financier. En effet, depuis 1998, le coût des travaux sur site incluant le suivi topo-morphologique avoisine les 23 000 euros, alors que le coût du ramassage des algues sur le même secteur varie entre 60 000 et 100 000 euros par an. Ce travail montre combien l'apport des connaissances fondamentales peut aider la recherche appliquée et apparaître de ce fait comme un excellent outil d'aide à la décision en matière de gestion d'un espace anthropisé. Ainsi, nous prouvons qu'une action conjointement menée entre décideurs et chercheurs peut s'inscrire dans une approche environnementale de type gestion intégrée.

## Remerciements

Nous voudrions remercier l'ensemble des personnes ayant contribué à la réalisation de ce travail : MM Pascal Talec et Sylvain Ballu, respectivement ancien et nouveau responsable du laboratoire *Cartographie et Estimation des Ressources Naturelles* du CEVA, ainsi que le Conseil général des Côtes-d'Armor, pour la mise à disposition des photographies aériennes récentes, et Mlle Delphine Wan Waerbeke, chercheur au laboratoire LETG *Géolittomer-Brest* UMR 6554-CNRS, pour son aide apportée à la collecte des données hydrologiques.

## Bibliographie

- BRIAND M. et QUEMENEUR E., 1973. Formations littorales en Trégor occidental. *Penn ar Bed*, 73, pp. 117-125.
- CANN C., 1993. *Étude de l'évolution des flux de phosphore apportés au littoral par un cours d'eau, exemple du Yar en baie de Lannion*. Rapport du Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Rennes, 47 p.
- CANN C., 1994. *Étude de l'évolution des flux de phosphore apportés au littoral par le cours d'eau du Yar en baie de Lannion*. Rapport du Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Rennes, 134 p.
- CHAURIS L., 1991. Localisation de la "Forêt sous-marine" découverte "près Morlaix" par le Comte de La Fruglaye en 1811. *Norvès*, 152, pp. 389-392.
- ESTEOULE J., 1994. *Étude des transferts de nutriments alimentant l'eutrophisation en milieu continental et littoral sur le bassin-versant du Yar en baie de Lannion*. Rapport du Centre National du Machinisme Agricole du Génie Rural des Eaux et des Forêts, Rennes, 48 p.

- GAD L., HENAFF A., PINOT J.-P. et SUANEZ S., 1999. *Rapport sur le suivi des travaux de rectification des filières du Yar et du Roscoat au cours de l'année 1999 - Baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor)*. LETG Géolittomer-Brest (IUEM), 13 p.
- GAD L., 1999. *Dynamique morphosédimentaire de la baie de Saint-Michel-en-Grève. Éléments d'analyse pour le suivi d'aménagements dans un espace littoral sous influence fluvio-marine : la poche du Yar*. Brest, Université de Bretagne Occidentale, mémoire de maîtrise, 186 p.
- MOLENAT J., GASCUEL-ODOUX C., MEROT Ph. et DURAND P., 1998. *Diagnostic approfondi sur le Yar et le Roscoat : approche de la circulation de l'eau au sein des bassins versants*. Rapport de l'INRA, Rennes, 45 p.
- PINOT J.-P., 1965. La migration de galets à l'intérieur des plages de sables. Exemple de la plage de Tresmeur (Trébeurden, Côtes-du-Nord), et application à l'interprétation des coupes de plages anciennes. *Compte rendu sommaire de la Société Géologique de France*, 5, 2 p.
- PINOT J.-P., 1987. Des îles disparues sur la Lieue de Grève. *Iles du Trégor*, 2, pp. 17-21.
- PINOT J.-P., 1993. *Rapport sur l'évolution du littoral autour de la baie de Lannion et sur la Côte de Granit Rose*. Rapport présenté pour le SMVM, Université de Bretagne Occidentale, 115 p.
- PINOT J.-P., 1995. Quelques plages en voie d'accrétion dans la région de Lannion. *Norois*, 165, pp. 99-117.
- PINOT J.-P., GAD L., HÉNAFF A., MOREL V. et SUANEZ S., 1999. *Rapport sur le guidage de l'évolution des filières du Yar et du Roscoat au cours de l'année 1998*. LETG Géolittomer-Brest (IUEM), 29 p.
- PIRIOU J.-Y., 1993. *Ulves et flux nutritifs : comparaison baie de Lannion – baie de Saint-Brieuc*. Brest, Ifremer, document interne, 2 p.
- PIRIOU J.-Y., 1995. *Les marées vertes : constat et recommandations, document interne*. Brest, Ifremer, 6 p.
- SUANEZ S., GAD L. et HÉNAFF A. 2001. *Rapport intermédiaire sur le suivi des travaux de rectification des filières du Yar et du Roscoat au cours de l'année 2000 - Baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor)*. LETG Géolittomer-Brest (IUEM), 15 p.
- SUANEZ S., GAD L. et HÉNAFF A. 2001. *Rapport sur le suivi des travaux de rectification des filières du Yar et du Roscoat au cours de l'année 2000-2001 - Baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor)*. LETG Géolittomer-Brest (IUEM), 40 p.
- SUANEZ S., 2002. *Rapport sur le suivi des travaux de rectification des filières du Yar et du Roscoat et des dunes de Saint-Michel-en-Grève et de Tréduder au cours de l'année 2001-2002 - Baie de Saint-Michel-en-Grève (Côtes d'Armor)*. LETG Géolittomer-Brest (IUEM), Septembre 2002, 36 p.
- VASSEROT J., 1990. Perspectives de contrôle biologique de proliférations nuisibles : possibilité de contrôle et d'utilisation par des animaux brouteurs des marées vertes provoquées par les ulves. *J. Rech. Oceanogr.*, vol.15, fasc. 1-2, pp. 34-37.