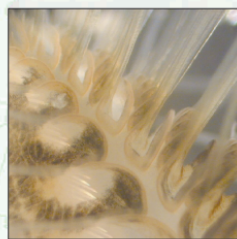
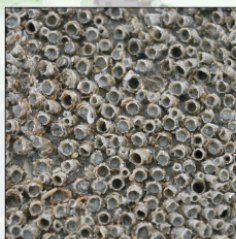




**ISO***Mer*  
Laboratoire de Biologie Marine

# Conditions de préservation des formations récifales à *Sabellaria alveolata* (L.) en baie de Bourgneuf.

Stanislas Dubois,  
Laurent Barillé, Anne-Laure Barillé & Yves Gruet



**NATURA 2000**  
Etude commandée par la Direction Régionale de l'Environnement en Loire-Atlantique  
dans le cadre de la mise en place du réseau Européen Natura 2000

## **REMERCIEMENTS**

Les auteurs tiennent à remercier Mme Nadine KÜNG, chargée de mission à l'ADASEA de Vendée pour avoir sollicité le Laboratoire de Biologie Marine de l'Université de Nantes dès l'année 2000 concernant la problématique des récifs d'hermelles en baie de Bourgneuf.

Mr. Yves BODEUR, Maître de Conférence au Laboratoire de Planétologie et Géodynamique de l'Université de Nantes a eu la gentillesse de nous communiquer des photographies aériennes du delta de Fromentine.

Les auteurs remercient Mme Suzanne LAURENT, maire de Barbâtre qui nous a chaleureusement accueilli dans sa commune pour une réunion d'information suivie d'une sortie de terrain sur le récif de la Fosse.

M. Philippe BOËNNEC, maire de Pornic est également remercié pour la réunion organisée dans sa mairie au cours de laquelle les objectifs de cette étude ont été présentés et débattus.

L'association pour le développement du bassin versant de la baie de Bourgneuf (APDBVBB) est enfin remerciée pour sa mission d'animation du site "Marais Breton, Baie de Bourgneuf, Île de Noirmoutier et Forêt de Mont".

|                                                                                          |      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>Résumé</b>                                                                            | p 03 |
| <b>I - Etat des connaissances et problématique</b>                                       | p 05 |
| Répartition géographique des récifs à <i>S. alveolata</i>                                | p 05 |
| La baie de Bourgneuf et le delta de Fromentine : contexte bionomique                     | p 07 |
| Biologie de l'espèce                                                                     | p 08 |
| Dynamique récifale                                                                       | p 11 |
| Les formations récifales à <i>S. alveolata</i> en baie de Bourgneuf                      | p 13 |
| Cadre et objectif de l'étude                                                             | p 15 |
| <b>II - Approche méthodologique</b>                                                      | p 16 |
| <b>Etat de santé des récifs dans la baie</b>                                             | p 16 |
| Etat d'évolution du récif                                                                | p 16 |
| Facteurs influençant la croissance des récifs                                            | p 17 |
| Méthodologie                                                                             | p 19 |
| Traitement des données                                                                   | p 20 |
| Etablissement d'un indice d'état de santé                                                | p 21 |
| <b>Dynamique spatio-temporelle des récifs</b>                                            | p 22 |
| <b>III - Résultats – Cartes des récifs</b>                                               | p 23 |
| Site de la Fontaine aux Bretons                                                          | p 23 |
| Site de la Bernerie                                                                      | p 25 |
| Site des Brochets                                                                        | p 27 |
| Site de la Fosse                                                                         | p 30 |
| Etat structural du récif                                                                 | p 30 |
| Colonisation du récif par les épibiontes                                                 | p 36 |
| Indice d'état de santé de la formation récifale                                          | p 40 |
| Evolution spatio-temporelle du site de la Fosse                                          | p 42 |
| <b>IV - Discussion</b>                                                                   | p 44 |
| Typologie des récifs d'Hermelles en baie de Bourgneuf                                    | p 44 |
| Placages et constructions peu développées                                                | p 44 |
| Récif                                                                                    | p 45 |
| Etat de santé des formations récifales et conditions environnementales                   | p 45 |
| Activités anthropiques et formations récifales                                           | p 48 |
| Evolution spatio-temporelle des formations récifales du site de la Fosse                 | p 49 |
| Protection d'un patrimoine biologique                                                    | p 50 |
| <b>V - Conditions de maintien et perspectives de gestion de ce patrimoine biologique</b> | p 52 |
| <b>VI - Références bibliographiques</b>                                                  | p 58 |
| <b>VIII - Annexes</b>                                                                    | p 61 |

A l'échelle européenne, *Sabellaria alveolata* est l'espèce élaborant les plus importantes structures biogéniques. Ces bio-constructions se rencontrent le plus souvent sous forme de placages dans des conditions environnementales très diverses. Mais dans certains cas, beaucoup plus rares, les édifices construits par cette espèce – également appelée Hermelle – se développent de façon plus indépendante de la roche ou des bancs coquilliers qui servent de substrat initial : ils s'organisent alors en véritables récifs qui s'étendent au sein d'environnements sableux au-dessous du niveau de la mi-marée. Il est possible de rencontrer de tels récifs sur les côtes françaises, et notamment dans le delta de marée de Fromentine. L'impact anthropique, qu'il soit direct (pêche à pied, piétinement ...) ou indirect (aménagements côtiers, conchyliculture ...) est la principale cause de la dégradation de ces formations, comme en témoignent de nombreuses études.

Dans le cadre de la mise en place du réseau européen Natura 2000, il apparaît donc nécessaire de s'interroger sur les conditions de préservation de ces récifs. Le but de cette étude est donc de réaliser une carte de l'état de santé des bioconstructions à *S. alveolata* en baie de Bourgneuf. L'espèce *S. alveolata* est très fréquente sur les substrats rocheux de cette baie. Cependant, une distinction nette doit être faite entre l'espèce *S. alveolata* et les bioconstructions qu'elle élabore. Il est peu probable que des tubes isolés d'Hermelles ou des placages peu développés aient une incidence sur le fonctionnement de l'écosystème. C'est la raison pour laquelle seules les zones présentant des constructions développées ou continues sur une surface importante ont été sélectionnées pour cette étude, à savoir les sites de la fontaine aux Bretons, de la Bernerie, du port des Brochets et de la Fosse.

Dans la pratique, sur une photographie aérienne du littoral géoréférencée (ortholittorale<sup>®</sup>, 2000), un maillage carré régulier de 50 mètres de côté a été appliqué aux sites d'études de façon à réaliser un échantillonnage systématique des récifs. Sur chaque maille retenue – i.e. abritant une partie de récif – un certain nombre d'informations relatives à l'état structural du récif et aux espèces qui le colonisent ont été collectées. Ces informations ont été ensuite traitées pour obtenir une carte générale du site d'étude ou, dans le cas du récif de la Fosse, une carte de chaque paramètre environnemental considéré.

**Il ressort de cette étude une différence marquée entre les constructions localisée à l'intérieur même de la baie et celle située à la sortie du delta de Fromentine.** Cette dernière apparaît être dans un état satisfaisant, d'après l'indice mis au point dans cette étude, à l'inverse des autres constructions examinées. Les récifs construits



à l'intérieur de la baie de Bourgneuf sont clairement menacés par une pression de pêche à pied forte et des conditions environnementales très défavorables, liées en particulier à une turbidité élevée des eaux de la baie. Si l'avenir de certains récifs dans la baie semble incertain, il n'en est pas de même de l'espèce, susceptible de coloniser d'autres substrats.

**Les efforts pourraient donc se concentrer sur le récif de la Fosse.**

Ce récif n'a jamais été aussi étendu, comme en témoigne l'analyse de l'évolution historique de ces formations (1950 – 2002). **Son bon état de santé** est sans doute lié à une dynamique hydro-sédimentaire favorable à sa croissance. Pour autant, l'attention doit être portée sur différents facteurs susceptibles de le dégrader : **la collecte des huîtres et le piétinement restent les plus inquiétants** car les zones les plus menacées sur cette formation sont précisément les sites où les densités d'huîtres sont les plus fortes. **La colonisation du récif par le naissain d'huîtres** est un problème qui pourrait s'avérer préoccupant. Une densité d'huîtres élevée risque d'augmenter la fréquentation de ce type de pêche, dommageable pour la surface récifale. Il est donc important de protéger les structures récifales en tant que telles afin d'éviter toute détérioration ou destruction des récifs - par exemple par des arrêtés annuels reconductibles - et de préserver à long terme ce patrimoine biologique, quand bien même, à ce jour, les menaces restent en partie masquées. Cela suppose **une information claire et pédagogique à destination des différents types de pêche à pied**.

Enfin, il serait important de ne pas accroître ou modifier les surfaces ostréicoles concédées à proximité des récifs de la Fosse de façon à n'augmenter, à l'échelle de ce site, ni la compétition pour la nourriture ni l'apport en larves d'huîtres. **Un changement d'orientation des parcs serait inévitablement associé à une modification des patrons hydro-sédimentaires locaux** et il serait très difficile de prévoir les conséquences pour les récifs.

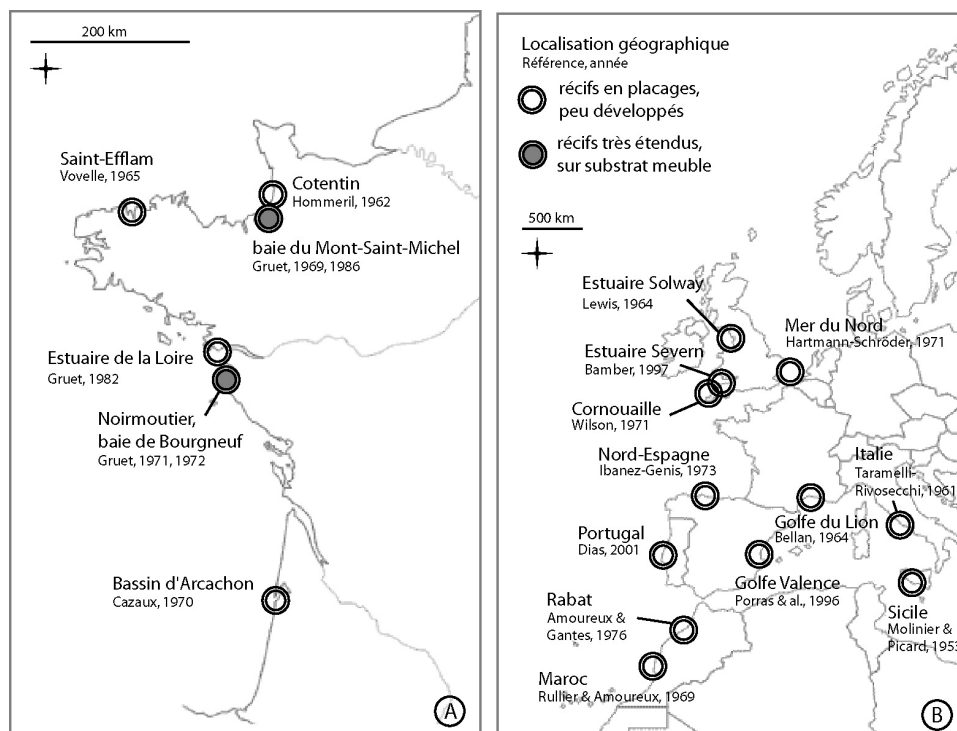
Nous proposons dans cette étude, au regard des connaissances acquises récemment sur la biologie de l'espèce *S. alveolata* et du fonctionnement des formations récifales, plusieurs mesures destinées à **une gestion durable et intégrée de ce patrimoine biologique** de la côte atlantique.

## ÉTAT DES CONNAISSANCES ET PROBLÉMATIQUE.

Sur l'ensemble des côtes, les récifs font l'objet d'une attention toute particulière. Ce terme de « récif » ne doit pas s'appliquer qu'aux formations coralliennes, auxquelles il fait souvent référence en français. Les récifs élaborés par les coraux s'intègrent à l'ensemble plus large des structures biogéniques, qui sont définies par « *des structures solides et massives créées par l'accumulation d'organismes, générant un changement dans la topographie du paysage et formant un habitat avec des limites bien définies qui contrastent avec les unités sédimentaires avoisinantes* » (Holt *et al.*, 1998). Ainsi, certains polychètes grégaires appartenant à la famille des *Sabelliidae*, et plus particulièrement aux genres *Gunnarea*, *Idanthyrsus*, *Phragmatopoma* et *Sabellaria*, construisent des récifs sur une longueur de côte de plusieurs centaines de kilomètres. Achary (1974) a répertorié l'ensemble des travaux relatifs à la distribution des *Sabelliidae* à l'échelle mondiale. Cette distribution a été résumée sous forme d'une carte publiée par Pawlick (1988), illustrant la vaste répartition des formations récifales édifiées par les polychètes *Sabelliidae*. Les plus grandes formations récifales se trouvent sur les côtes équatoriales (*Idanthyrsus pennatus*), californiennes (*Phragmatopoma lapidosa*), sud-africaines (*Gunnarea capensis*) ou françaises (*Sabellaria alveolata*).

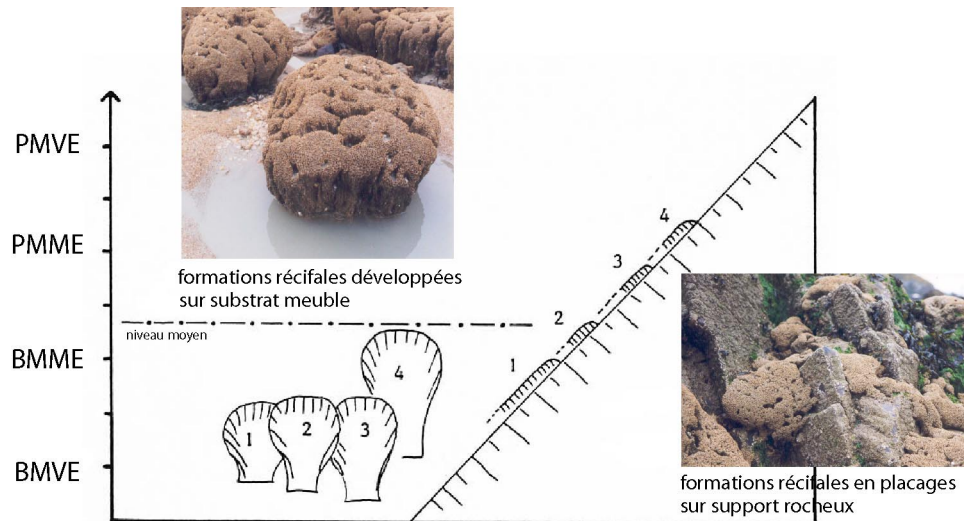
- Répartition géographique des récifs à *S. alveolata*.

A l'échelle européenne, *Sabellaria alveolata* est de toute évidence l'espèce élaborant les plus importantes structures biogéniques (Holt *et al.*, 1998). Son aire de répartition biogéographique s'étend du littoral sud-écossais (Lewis, 1964) aux côtes marocaines (Rullier & Amoureux, 1969) (figure 1). Les structures construites par cette espèce se présentent sous deux formes : des constructions plaquées à la roche, d'une épaisseur ne dépassant pas quelques dizaines de centimètres sur une surface de quelques mètres carrés, et des formations beaucoup plus imposantes s'étendant sur plusieurs dizaines d'hectares et pouvant atteindre une hauteur de 2 mètres. L'espèce *Sabellaria spinulosa*, exclusivement subtidale, élabore également de petites structures en boules sur les fonds coquilliers ou caillouteux (Dorjes, 1992 ; Mettam, 1992). Ces structures, bien moins développées que chez *S. alveolata*, présentent une morphologie similaire chez le *Serpulidae* *Serpula vermicularis* (Bosence, 1973) dont les récifs peuvent atteindre une hauteur de 75 cm sur quelques mètres de long (Moore, 1996).



**Figure 1.** Cartographie des principales régions de France – A – et d'Europe – B – où ont été signalés et décrits des récifs à *Sabellaria alveolata*. Modifiée et complétée d'après Gruet (1982).

Les constructions à *S. alveolata* se rencontrent le plus souvent sous forme de placages (figure 2), au niveau de la zone à *Fucus spiralis* et *Fucus serratus* (zone medio-littorale) et dans des conditions environnementales très diverses puisque cette espèce se développe en milieu très exposé et battu, comme au nord de la Cornouaille anglaise (Wilson, 1971) ou sur les plages marocaines (Rullier & Amoureux, 1969) mais aussi en milieu abrité, comme au fond de la baie de Bourgneuf (Gruet, 1982). Cette espèce supporte également une certaine dessalure puisqu'elle se rencontre dans les zones abritées de l'estuaire externe de la Loire (Gruet, 1982). Quand le développement des constructions se présente sous forme de placages, le terme de récif tel qu'on le définit peut être sujet à discussion si ces placages sont peu étendus. Mais dans certains cas, beaucoup plus rares, les édifices élaborés par *Sabellaria alveolata* se développent de façon plus indépendante de la roche ou des bancs coquilliers qui servent simplement de substrat initial : ils s'organisent alors en véritables récifs qui s'étendent au sein d'environnements sableux au-dessous du niveau de la mi-marée (figure 2). Il est possible de rencontrer de tels récifs sur les côtes françaises, comme dans la baie du Mont-Saint-Michel (Dubois, 2003) ou la baie de Bourgneuf (Gruet, 1971, 1982).



**Figure 2.** Répartition bathymétrique des 2 principaux types de constructions à *Sabellaria alveolata* : formations développées sur substrat meuble et placages sur support rocheux. Exemples des sites de la Sennetière (1), Crève-Cœur (2), Champeaux (3), Sion-sur-l'Océan (4). Complété et modifié d'après Gruet (1982). PMVE = pleines mers de vives-eaux ; PMME = pleines mers de mortes eaux ; BMVE = basses mers de vives eaux ; BMME = basses mers de mortes-eaux.

- La baie de Bourgneuf et le delta de marée de Fromentine : contexte bionomique et hydro-sédimentaire.

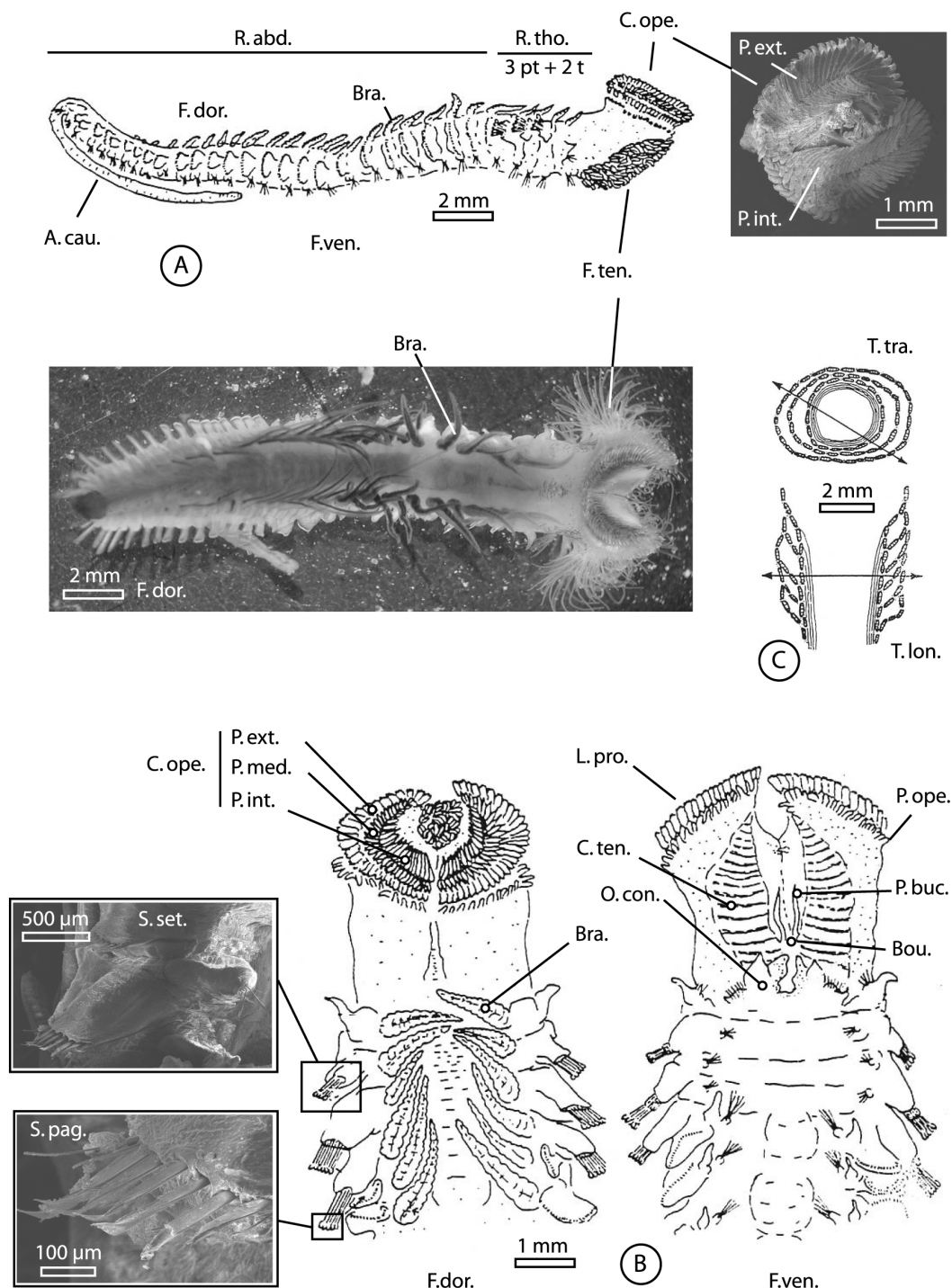
La baie de Bourgneuf s'ouvre largement au nord-ouest et subit l'influence directe des courants de marée qui y génèrent un mouvement circulaire des masses d'eau: les courants de flot rentrent dans la partie nord pour ressortir dans la partie sud de cette ouverture sur le large. Le marnage maximal est de 6 mètres et la profondeur moyenne atteint approximativement 10 mètres, entre les chenaux qui sillonnent la baie et qui alternent avec les hauts-fonds. Les apports en eau douce sont limités et sont dus à la Loire au nord et au Marais Breton au sud-est, en particulier en hiver et au printemps. A l'instar de nombreuses baies, un gradient de turbidité peut être mis en évidence des eaux du large vers le fond de baie (Sornin, 1981). Plus précisément, il s'oriente des vasières du sud-est de la baie où le sédiment fin est remis en suspension, vers le nord-ouest. Dans sa partie sud, la baie n'est pas totalement fermée et communique avec l'océan par le goulet de Fromentine : une partie des eaux de la baie s'écoule par cet étranglement où des courants particulièrement violents – plus de 5 nœuds - entretiennent un chenal de 10 à 15 mètres de profondeur.

La diversité et la composition des peuplements benthiques rencontrés dans la baie de Bourgneuf résultent de la tolérance et de l'exigence des espèces aux conditions engendrées par le recoupement des caractéristiques hydrodynamiques et morpho-sédimentaires de cette baie. De façon générale (Glémarec, 1969), les peuplements subtidaux varient en fonction de la nature du sédiment qui est orientée selon le paléorelief de vallées sous-marines et de lignes de crêtes. Les sables grossiers plus ou moins envasés à *Nucula nucleus*, *Terebellides* sp. et *Atelecyclus undecimdentatus* dominent les peuplements. Les sédiments les plus au large sont caractérisés par des sables grossiers propres à *Venus facia*, *Tapes rhomboides* et *Tellina crassa*. Les vases de fond de baie sont associées à *Nucula turgida* et *Abra alba*.

La baie s'ouvre dans sa partie sud par le Delta de marée de Fromentine, formé par des accumulations alluviales en avancée déposées en face d'un goulet creusé par des courants de marée. Les peuplements se caractérisent par la juxtaposition de différents faciès à *Tellina tenuis* et *Nephtys cirrosa* (Gruet, en préparation).

- Biologie de l'espèce : état des connaissances.

La présence de *S. alveolata* en certains sites atteste de caractéristiques originales de l'hydrodynamisme local, assurant non seulement l'apport de nourriture, mais aussi de sable comme matériau de construction du tube. L'individu de *S. alveolata* vit en effet à l'intérieur d'un tube pouvant mesurer une cinquantaine de centimètres de long sur un diamètre interne de l'ordre de 5 mm, correspondant à la largeur d'un individu (figure 3). L'extension du tube se fait tout au long de la vie de l'individu, tant que l'apport en sable est possible. L'extrémité du tube est de forme et de taille différentes, selon l'hydrodynamisme local et la densité des individus. De façon générale, elle s'évase dans sa partie distale à la façon d'un entonnoir perpendiculairement à l'hydrodynamisme dominant (obs. pers.). Une coupe transversale (figure 3 C) révèle qu'un tube est constitué de deux gaines concentriques ; l'une interne, très mince, de nature organique riche en soufre (Vovelle, 1965) et l'autre externe, arénacée. Les grains de sables sont captés par les filaments tentaculaires (Orrhage, 1978) puis triés et englués dans un ciment organique (Vovelle, 1965 ; Gruet *et al.*, 1987) au niveau de l'organe constructeur situé sous la cavité buccale. Au cours de la croissance de l'individu, le diamètre interne du tube croît, ainsi que la taille des grains de sable utilisés (Gruet, 1984). Le tube arénacé est constitué de sables moyens bioclastiques – 200 à 500 µm – (Hommeril, 1962 ; Gruet, 1982 ; Vovelle, 1965) que les individus sélectionnent en fonction de leur forme et de leur nature minéralogique : les sables mixtes constitués de grains arrondis de quartz semblent être le matériau préféré de cette espèce.



**Figure 3.** Description morpho-anatomique de l'espèce *Sabellaria alveolata*. **A** - vue de profil et vue ventrale : F.ven. = face ventrale ; F.dor. = face dorsale ; R.abd. = région abdominale ; R.tho. = région thoracique (composée de 2 segments thoraciques - 2t - et 3 segments parathoraciques - 3pt -) ; C.ope. = couronne operculaire vue au MEB ; F.ten. = filaments tentaculaires ; A.cau. = appendice caudal ; Bra. = branchies. **B** - vue ventrale et dorsale de la région antérieure : L.pro. = lobe prostomial ; P.ope. = papilles operculaires ; P.ext. = palées extérieures ; P.med. = palées médianes ; P.int. = palées internes ; I.ten. = zone d'implantation des filaments tentaculaires ; P.buc. = palpes buccaux ; Bou. = bouche ; O.con. = organe constructeur ; S.set. = segment sétigère parathoracique ; S.pag. = soies en pagaie. **C** - tube arénacé : T.tra. = en coupe transversale ; T.lon. = en coupe longitudinale. Dessins Y. Gruet (1982) - Clichés MEB et loupe binoculaire S. Dubois.

Les individus de *S. alveolata* sont incapables de vivre hors de leur tube ou sans une partie de leur tube servant de matrice pour sa reconstruction (Wilson, 1929 ; Vovelle, 1965). Par des expériences *in situ* de destructions partielles, Gruet (1982) a pu montrer que l'individu pouvait se déplacer dans son tube sur une hauteur de 15 cm, la partie proximale du tube étant comblée par l'accumulation de vase. Comme la plupart des annélides tubicoles, *S. alveolata* présente une forte régionalisation et spécialisation des métamères. Le corps des adultes, mesurant entre 2 et 5 cm est divisé en 4 régions distinctes (figure 3 A):

- la partie céphalique porte des soies modifiées en palées. Celles-ci constituent la couronne operculaire obturant l'orifice du tube quand l'individu se retire dans son tube. La morphologie de ces palées, spécifique, est un critère d'identification fondamental pour les différentes espèces appartenant à cette famille (Gruet & Lana, 1988). Ces palées sont organisées en trois rangées circulaires et leur nombre augmente au cours de la vie d'un individu. Elles sont fréquemment perdues et remplacées (Gruet, 1991). Sur la partie ventrale du prostomium sont insérées plusieurs rangées de filaments tentaculaires. À l'interface avec le milieu aquatique, ces filaments capturent les particules en suspension – ainsi que les grains de sable – qui sont conduites à la bouche par des gouttières intertentaculaires (Johansson, 1927) ;
- les régions thoracique et parathoracique sont courtes (figure 3 B). Cette dernière porte des soies larges modifiées en « pagaies » facilitant le déplacement de l'animal dans son tube. Vovelle (1965) a isolé des glandes accessoires, localisées sur la région ventrale parathoracique, dont les sécrétions interviennent dans la solidification du tube ;
- la région abdominale est composée des métamères portant les produits génitaux qui sont émis à maturité par les néphridiopores (Gruet, 1979 ; Gruet & Lassus, 1983). Le nombre de segments abdominaux augmente avec l'âge. Chaque métamère de la région abdominale et de la région parathoracique porte dorsalement une paire de branchies ;
- la région caudale se termine par une partie rectale qui, dans la continuité de l'œsophage et de l'intestin remonte ventralement le long de la partie abdominale, et par laquelle sont émis les fécès.

Les gamètes, à l'instar des fécès, sont expulsés par l'ouverture du tube. *S. alveolata* ne possède pas de gonades distinctes, le développement des gamètes est intraovarien, c'est à dire que les cellules germinales tombent dans la cavité coelomique en fin de vitellogenèse (Eckelbarger, 1983). Lors de la libération des produits sexuels, les mouvements de va-et-vient de l'individu dans son tube créent un courant facilitant l'expulsion de ces derniers dans

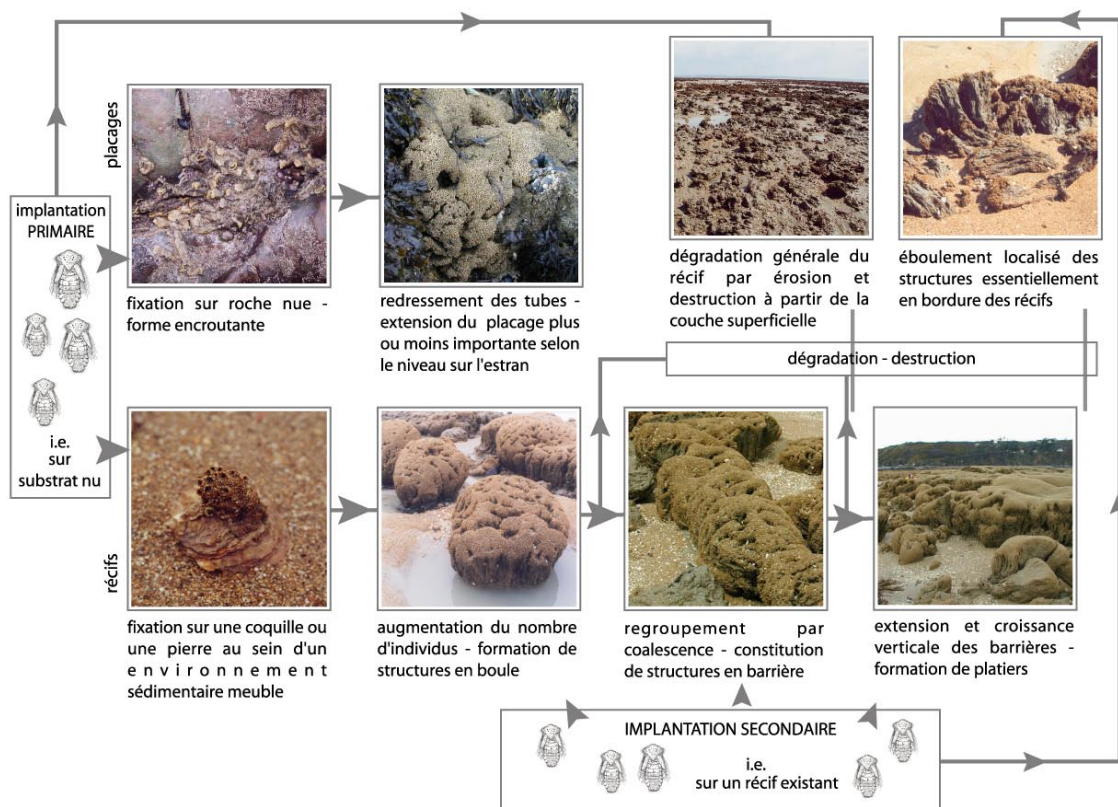
la colonne d'eau où a lieu la fécondation. *S. alveolata* est une espèce gonochorique et polytélèque (Clark & Olive, 1973) dont la durée de vie moyenne est de 4 à 5 ans (Gruet, 1982). L'âge de certains individus a néanmoins été estimé entre 8 et 10 ans (Wilson, 1971). D'après Gruet (1982, 1984), les individus peuvent participer à la reproduction dès la première année. Chez l'espèce *S. alveolata*, celle-ci a lieu toute l'année avec deux périodes de ponte plus nettes identifiées par Gruet (1984) sur la côte atlantique : la première en Mars-Avril et la seconde en Juin-Juillet. Très peu de suivis planctoniques des larves de *S. alveolata* ont été réalisés. Cazaux (1964, 1970) rapporte néanmoins la présence de larves en forte abondance de Septembre à Janvier dans le bassin d'Arcachon. La durée de vie larvaire a été essentiellement estimée à partir de suivis de la gamétogenèse et du recrutement. Sur les côtes anglaises, Wilson (1968) observe un recrutement toute l'année, excepté en juillet, période de ponte. Il émet alors l'hypothèse que la durée de vie larvaire peut s'étendre de 6 semaines à 11 mois à partir d'observations de jeunes recrues en mai et juin de l'année suivante. Cet auteur a pu montrer, à partir de nombreux élevages de larves de *S. alveolata* en laboratoire, qu'un retard de métamorphose était possible chez cette espèce en maintenant des larves pendant 8 à 9 mois avant d'observer leur fixation (Wilson, 1970a). Les différences et les nombreuses incertitudes sur les durées de vie larvaire de *S. alveolata* ne pourront être précisées que par un suivi planctonique régulier (Wilson, 1971), à l'image de ce qui a été réalisé chez *Sabellaria vulgaris* dans la baie du Delaware (Curtis, 1973).

- Dynamique récifale.

Pour les formations récifales à *S. alveolata* comme pour l'ensemble des peuplements benthiques, l'apport de juvéniles au niveau des populations adultes – i.e. le recrutement – est l'un des phénomènes déterminants de leur renouvellement et leur structuration (Connell, 1985 ; Gaines & Rougharden, 1985). Les modalités du recrutement, sous la dépendance de nombreux mécanismes (Thorson, 1966 ; Bhaud & Dauvin, 1990), ne sont pas ou peu connus chez *S. alveolata*. Des travaux ont néanmoins précisé le comportement larvaire lors de la fixation (Wilson, 1968, 1970a, 1970b) et l'importance des signaux chimiques dans la reconnaissance des tubes d'adultes par les larves compétentes (Pawlick, 1988a, 1988b).

Même s'il est observé toute l'année sur les côtes anglaises (Wilson, 1968), le recrutement présente probablement une forte variabilité inter-annuelle (Gruet, 1982). La fixation de juvéniles sur les récifs est donc une étape « clé » dans la dynamique récifale (Gruet, 1971, 1972a et b, 1982, 1986) (figure 4). Le recrutement représente à la fois une phase d'extension horizontale du récif par la colonisation de nouveaux substrats – i.e. recrutement primaire – mais aussi une extension verticale par la fixation de larves sur le récif





**Figure 4.** Différentes étapes de la dynamique récifale des structures en placage et des formations étendues sur substrat meuble. Complété et modifié d'après Gruet (1972).

– i.e. recrutement secondaire – venant ainsi combler les fentes et microcavités entre les tubes d'adultes. L'ensemble de la dynamique récifale est également fortement influencé par de nombreux autres facteurs, biotiques et abiotiques, et notamment :

- l'hydrodynamisme qui, à la fois apporte le matériau sableux nécessaire à la construction du tube mais érode aussi la base des constructions en transportant divers macro-déchets – i.e. pieux, coquillages – ;
- la température qui a également une action antagoniste. Un réchauffement stimule la construction du tube (Gruet, 1982) mais des froids persistants comme lors de l'hiver 1984-85 sont mortels pour une grande partie des individus (Gruet & Baudet, 1997) ;
- le piétinement et l'utilisation d'engins de pêche, constatés sur les récifs de la baie de Bourgneuf et de la baie du Mont-Saint-Michel, détruisent les structures récifales irrémédiablement (Gruet & Bodeur, 1997).

- Les formations récifales à *Sabellaria alveolata* en baie de Bourgneuf.

L'espèce *S. alveolata* est particulièrement fréquente dans l'ensemble de la baie puisqu'on la rencontre sur les platiers rocheux qui bordent la baie ou au niveau des zones offrant un support solide pour la fixation des tubes comme les restes d'anciennes pêcheries. La plupart de ces constructions et des environnements sédimentaires meubles avoisinants ont été décrits par Gruet (1972 à 1997). Les structures récifales qu'elle élabore présentent un développement le plus souvent très réduit, excepté en certains points remarquables de la baie retenus pour cette étude (figure 5):

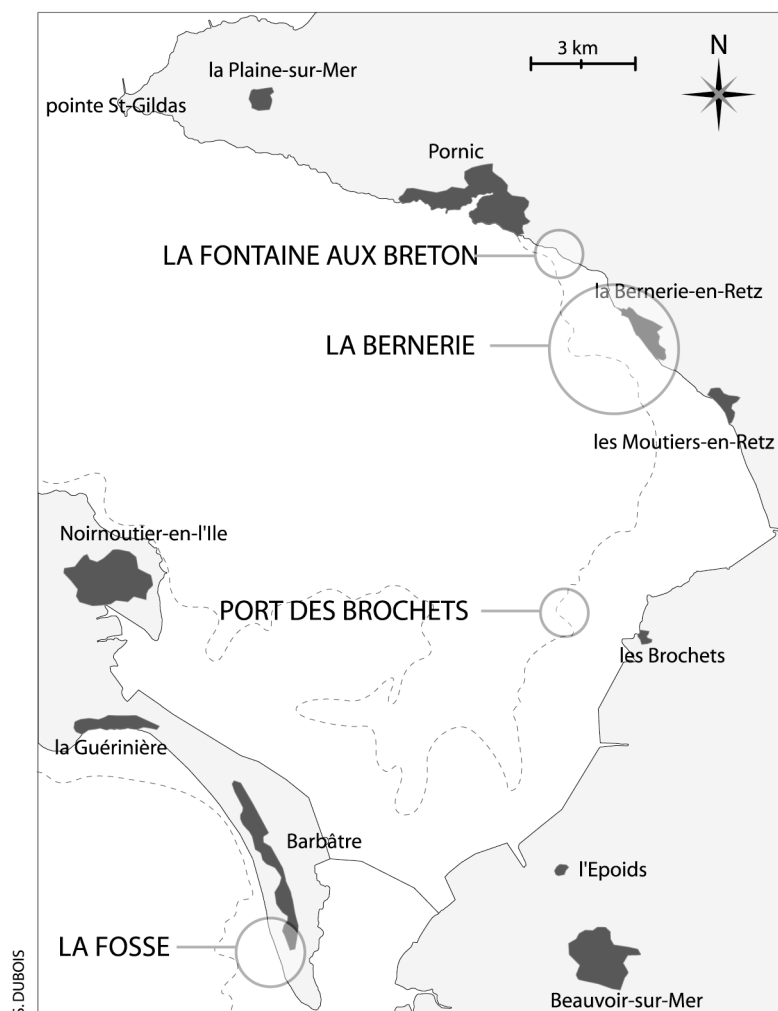
**1 – le site de la Fosse (commune de Barbâtre – 85) :** située au nord du delta de Fromentine, cette formation récifale est la construction la plus importante rencontrée sur la côte atlantique. Le substrat rocheux – calcaire éocène – qui a servi à l'implantation des premiers individus de *S. alveolata* n'est aujourd'hui presque plus visible et laisse place à un véritable récif sur substrat meuble.

**2 – la zone du Port des Brochets (commune de Bouin – 85) :** cette zone comprend à la fois une petite formation récifale située à la confluence de deux chenaux mais également un platier rocheux sur lequel des placages se développent. Ce site présente un intérêt particulier puisque ces récifs sont entourés de concessions ostréicoles et que la récente découverte de blocs de récifs dans les chenaux qui traversent les exploitations

inquiète les professionnels de la baie et soulève avec acuité la question de la gestion d'un patrimoine biologique au sein de zones exploitées.

**3 – la zone de la Bernerie (commune de La Bernerie-en-Retz – 44):** l'imbrication de platiers rocheux, la présence de cailloutis et les restes de nombreux murets d'anciennes pêcheries en pierre font de cette vaste zone un site où l'espèce *S. alveolata* est très représentée. Néanmoins, en dépit de cette forte occurrence, les densités de tubes ne sont jamais élevées et les constructions dépassent très rarement le stade de placages peu épais.

**4 – la zone de la Fontaine aux Bretons (commune de La Bernerie-en-Retz – 44):** sur cette zone se développe, sur un platier rocheux frangeant la côte, une formation récifale en placage bien développée et quasi-continue dans sa longueur mais ne dépassant pas une quinzaine de mètres dans sa largeur.



**Figure 5.** Localisation des 4 sites remarquables retenus pour l'étude des formations récifales à *Sabellaria alveolata* en baie de Bourgneuf.

- Cadre et objectifs de cette étude.

Ces formations récifales ont de tout temps intéressé les naturalistes et inquiété les gestionnaires et usagers du littoral qui y voyaient un ennemi naturel des huîtres (Dollfus, 1921) ou le responsable d'un appauvrissement des peuplements marins (Audouin & Milne-Edwards, 1832). Au sein de ces récifs, l'abondance des crustacés – crabes, crevettes – et des mollusques – huîtres, moules, palourdes – est bien connue des pêcheurs locaux (Gruet & Bodeur, 1997) et la pression anthropique ne cesse d'y croître. Les récifs à *S. alveolata* de la baie de Bourgneuf n'échappent pas aux effets d'une anthropisation croissante et souffrent directement et indirectement de l'action de l'homme.

Pour répondre aux engagements des Directives européennes « Oiseaux » et « Habitats », la France doit désigner des « Zones de Protection Spéciale – ZPS » et des « Zones Spéciales de Conservation – ZSC » afin de protéger les milieux naturels d'intérêt européen. L'ensemble des espaces désignés, 43 sites dans les Pays de la Loire, doit constituer le Réseau Natura 2000. Au titre notamment de la Directive européenne Habitat de 1992 et de la nécessité d'inventorier les espaces et les espèces patrimoniales, les formations récifales à *S. alveolata*, appelées plus communément récifs d'Hermelles, constituent sur les côtes françaises en particulier un patrimoine biologique et paysager rare qu'il convient de protéger. Le but de cette étude est donc dans un premier temps de réaliser une carte de l'état de santé des formations récifales à *Sabellaria alveolata* en baie de Bourgneuf, à travers une sélection de sites remarquables. Dans un deuxième temps, les documents cartographiques ainsi produits seront mis en perspective avec l'état des connaissances actuelles de la dynamique récifale de façon à comprendre et anticiper le développement à court, moyen et long termes de ces bioconstructions. L'objectif est donc d'obtenir, *in fine*, un outil d'aide à la décision pour l'ensemble des questions de conflit d'usage qui peuvent naître sur les zones d'extension potentielle de cette espèce.

L'espèce *S. alveolata* est très fréquente sur les substrats rocheux des côtes françaises. Il n'est pas rare, en effet, de rencontrer quelques tubes isolés plaqués à un platier rocheux colonisé par les fucales. Cependant, une distinction nette doit être faite entre l'espèce *S. alveolata* et les bioconstructions qu'elle élabore. Il est peu probable que des tubes isolés d'Hermelles ou des placages épars et peu développés aient une incidence sur le fonctionnement de l'écosystème. C'est la raison pour laquelle seules les zones présentant des constructions développées ou continues sur une surface importante ont été sélectionnées pour cette étude, à savoir les sites de la Fontaine aux Bretons, de la Bernerie, du port des Brochets et de la Fosse (figure 5).

La détermination de leur état de santé nécessite une description fine de l'état d'évolution de la dynamique récifale mais également des paramètres environnementaux susceptibles d'influer sur la biologie de l'Hermelle et donc sur la croissance des récifs.

### *Etat de santé des récifs dans la baie de Bourgneuf.*

- Etat d'évolution du récif.

La dynamique d'un récif passe par un ensemble d'étapes ou de stades d'évolution qu'il est possible de discerner. Nous avons choisi plusieurs étapes clés de la dynamique récifale pour caractériser l'état du récif. Ces stades sont décrits ci-dessous :

- **structures en boules**, isolées, caractérisées par leur forme arrondie et un affouillement au niveau du substrat d'implantation ;
- **structures en boules dégradées**, caractérisées par des bloc isolés et fractionnés, souvent charriés au pied de structures plus massives ;
- **structures coalescentes**, caractérisées par des zones d'accolement et de fusion de blocs récifaux. Ces structures forment des platiers, structures tabulaires représentant le « climax » de la dynamique récifale ;
- **structures coalescentes dégradées**, caractérisées par des zones éboulées, sous l'action mécanique des vagues ou le piétinement, et présentant des zones franches de cassure ;

- **structures dégradées**, définies, à la différence des structures coalescentes, par une forte irrégularité de la surface récifale et une désorganisation des tubes de *S. alveolata*, moins nombreux en apparence et dont la croissance n'est plus homogène verticalement. La distinction de cet état par rapport aux autres états dégradés est fondamentale car leurs perspectives d'évolution sont radicalement différentes. Des structures dégradées par éboulement peuvent se redresser et se solidariser de nouveau avec d'autres blocs récifaux si les conditions hydrodynamiques sont favorables. Par contre, un récif dégradé peut être considéré comme mort si aucun recrutement n'a lieu. Il donnera, à terme, un bloc de récif sans individu.
- **placages**, caractérisés par des tubes se développant le long de la roche dont ils épousent le contour. Le substrat d'origine est particulièrement bien visible et l'extension de ces bioconstructions ne dépasse pas une trentaine de centimètre au-dessus du substrat initial. Les placages sont de plus situés à un niveau bathymétrique relativement haut et leur croissance est donc également limitée par un temps d'immersion plus faible.

- Facteurs influençant la croissance des récifs.

Les formations récifales à *S. alveolata* constituent également un support solide pour une faune sessile au milieu d'un environnement meuble qui en est quasiment dépourvu. En zone subtidale, les peuplements à cailloutis plus ou moins ensablés supportent une faune fixée riche et abondante (Cabioch, 1968 ; Glémarec, 1969) et constituent, de fait, un réservoir potentiel pour l'épibiose sessile trouvée sur les récifs. Celle-ci y est particulièrement bien représentée en terme de richesse spécifique (Gruet, 1969, 1971, 1972a et 1972b) : 15 espèces de cnidaires, 4 espèces d'annélides, 7 espèces de crustacés, 8 espèces de mollusques, 16 espèces de bryozoaires et 6 espèces d'ascidies ont été inventoriées.

Dans les écosystèmes conchylicoles, la reproduction des espèces élevées induit souvent une colonisation incontrôlée des supports tels que les platiers rocheux. Dans la baie de Bourgneuf, la colonisation des supports rocheux par les huîtres sauvages est devenue un problème. Les huîtres et les moules constituent des épibiontes qui peuvent également influencer la dynamique récifale. Ce sont en effet des compétiteurs pour la place et pour la nourriture. Plusieurs études (Davenport *et al.*, 2000) ont souligné le rôle négatif que pouvaient jouer ces consommateurs de mésozooplancton sur le recrutement des espèces à cycle benthopélagique. Aussi nous semblait-il important de focaliser une partie de notre attention sur ces deux espèces que sont l'huître *Crassostrea gigas* et la moule *Mytilus edulis*.



**Structures en boule isolées**  
: forme arrondie bien définie et affouillement au niveau du substrat.



**Structures en boule dégradées** : blocs de récifs éclatés et fractionnés.



**Structures coalescentes** : zones d'accolement de structures anciennement isolées. Lorsque les zones de jonction entre les blocs ne sont plus visible, le terme de platier récifal peut s'appliquer.



**Structures coalescentes dégradées** : zones de coalescence éboulées souvent sous l'action mécanique des vagues ou le piétinement, présence de zones de cassure franche.



**Structures dégradées** : structures totalement désorganisées et présentant une forte hétérogénéité de surface. Une partie du récifs n'est souvent plus colonisée par les vers.



**Structures en placage** : petites formations peu développées adossées à la roche dont elles épousent la forme.

**Figure 6.** Différents états de la dynamique récifale retenus pour la description de l'état des formations sur les sites d'étude.

L'épiflore joue également un rôle important sur les récifs même si son impact doit encore être précisé. En effet, lorsque le récif est immergé, le mouvement des thalles des ulves ou des fucales contribue à l'abrasion du récif et limite la croissance des tubes. D'un autre côté, une épiflore trop dense empêche la colonisation du récif par les jeunes vers. Nous nous sommes donc penchés également sur la colonisation du récif par les ulves et les fucales.

- Méthodologie.

Sur une photographie aérienne du littoral géoréférencée (ortholittorale<sup>®</sup>, 2000), un maillage carré régulier de 50 mètres de côté a été appliqué aux sites d'études précédemment décrits – i.e. sites de la Fosse, du Port des Brochets, de la Bernerie et de la Fontaine aux Bretons – et plus particulièrement sur les zones où l'espèce *S. alveolata* semblait être présente. Ainsi, sur les 4 sites, 370 points ont été référencés dans un repère en X-Y – projection Lambert II associée au système géodésique NTF – (figure 7). Sur chaque case, définie par les coordonnées de son centre, les informations recueillies au cours d'une campagne d'échantillonnage conduite en mars 2003 sont de deux natures : état du récif et évaluation du recouvrement et de la densité des épibiontes (voir annexe 1). Dans le détail, à partir de l'observation au niveau du point central de la zone de 50 m X 50 m, les informations suivantes sont recueillies :

- pourcentage du récif recouvrant la zone ;
- état structural du récif et le pourcentage de chaque stade d'évolution ;
- degré de fragmentation défini comme suit ;

Degré 1 : le récif est composé d'un seul gros bloc - Degré 2 : le récif est composé de plusieurs gros blocs - Degré 3 : le récif est composé de blocs appartenant à un large spectre de taille - Degré 4 : le récif est composé de nombreux blocs petits et moyens - Degré 5 : le récif se compose uniquement de très petits blocs récifaux.

- nature du sédiment de surface environnant (déterminé à vue) ;

Sur la surface récifale, 3 cadrats de 1 m<sup>2</sup> sont posés au hasard de façon à obtenir des informations moyennes, sur :

- la hauteur du récif ;
- le pourcentage de recouvrement et les densités d'huîtres ;
- le pourcentage de recouvrement et les densités de moules ;
- le pourcentage de recouvrement des ulves (état hivernal) ;
- le pourcentage de recouvrement des fucales (état hivernal) ;





**Figure 7.** **A** - Photographie du récif de la Fosse, au nord de la partie externe du delta de Fromentine, dans son ensemble au 1/5000 après redressement. Cliché issu de la mission aérienne IGN ortholittorale 2000. **B** - exemple d'un fragment de photo où la zone récifale a été détournée de façon manuelle. **C** - application d'une grille de maillage 50m X 50m sur la photo pour déterminer les points contenant *a priori* le récif.

Sur le terrain, les mailles avec un recouvrement du récif inférieur à 10% n'ont pas été prises en compte. En plus des données précédemment citées, de nombreuses annotations et remarques ont été consignées de façon à préciser, par exemple la présence de nombreux autres épibiontes – i.e. Gibbules, Nucelles ... - ou la dominance de naissain d'huîtres par rapport aux adultes.

- Traitement des données.

Ces informations systématiques recueillies à l'échelle de 50 m<sup>2</sup> permettent d'établir deux types de cartes selon la nature du récif :

- une **carte systématique** bien adaptée à l'étude des récifs discrets établis au sein d'environnements meubles (Dubois, 2003). Elle permet de regrouper en différentes classes les zones récifales en fonction d'un ou plusieurs paramètres environnementaux ;

- une **carte globale** de la zone abritant les bioconstructions, préférable quand les récifs sont frangeants, comme sur le site de la Fontaine aux Bretons, ou très dispersés et composés essentiellement de placages, comme à la Bernerie ou au niveau du Port des Brochets. Dans ce cas, les informations recueillies sont regroupées et synthétisées en fonctions de zones isolées *a priori* et *a posteriori* sur l'ortholittorale 2000.

Plusieurs logiciels ont été utilisés pour établir ces cartes. Le détournage et le découpage de portions de récif ont été réalisés à l'aide de MapInfo®. L'analyse des données et leur classification ont été réalisées avec le logiciel Surfer®. Il n'a pas été fait d'extrapolation entre les points d'échantillonnage car le récif présente une très forte hétérogénéité structurale et les méthodes de krigeage sont peu adaptées à ce type de données.

- Etablissement d'un indice d'état de santé des récifs.

Il est judicieux d'établir, à partir de la somme des informations récoltées, un indice d'état de santé du récif. Il doit être construit de façon simple et facilement utilisable pour permettre un suivi temporel et une comparaison à l'échelle de plusieurs années.

Pour que cet indice soit pertinent, il doit intégrer à la fois les variables structurales du récif, indicatrices de l'état de la dynamique et les taux de recouvrement des épibiontes, facteurs influençant le maintien et le devenir des récifs. L'indice de santé IS est calculé de la façon suivante :

$$IS = DF + (BI + SC - D - BID - SCD - RM - RH - RU) \times R$$

Avec :

- DF = degré de fragmentation (de 1 à 5);
- BI = pourcentage de recouvrement des boules isolées ;
- SC = pourcentage de recouvrement des structures coalescentes ;
- D = pourcentage de recouvrement de l'état dégradé ;
- BID = pourcentage de recouvrement des boules isolées dégradées;
- SCD = pourcentage de recouvrement des structures coalescentes dégradées ;
- RH = pourcentage de recouvrement des huîtres ;
- RM = pourcentage de recouvrement des moules ;
- RU = pourcentage de recouvrement des ulves ;
- R = pourcentage de récif au sein de la maille de 50 m<sup>2</sup>.

Chacun de ces facteurs a été normalisé à une valeur comprise entre 1 et 10 ; le degré de fragmentation, évaluée selon un indice compris entre 1 et 5 est recalculé pour attribuer une

valeur de 0 à un indice de 1 attribué aux zones les plus fragmentées et une valeur de 10 à un indice de 5. De même, une valeur de 10% correspond à 1, 20% à 2, etc ... Les pourcentages de recouvrement des différentes structures récifales sont pondérés par le taux de recouvrement du récif au sein de chaque maille afin de standardiser les valeurs.

### *Dynamique spatio-temporelle des récifs.*

L'étude de la dynamique spatio-temporelle de formations récifales à *S. alveolata* au sein d'un environnement meuble est une approche permettant d'obtenir une idée du déplacement des récifs dans leur ensemble et de cerner les zones les plus sensibles aux variations des paramètres environnementaux. Dans la pratique, cette étude a été menée sur l'exemple du site de la Fosse, la principale construction récifale. Les détourages des zones récifales issues de plusieurs clichés géoréférencés peuvent être superposés sur une même base cartographique afin d'être comparés. Des clichés issus de missions réalisées en 1950, 1968, 1984, 2000 et 2003 ont été ainsi superposés. Ils fournissent une vision à long terme de l'évolution de ce site.

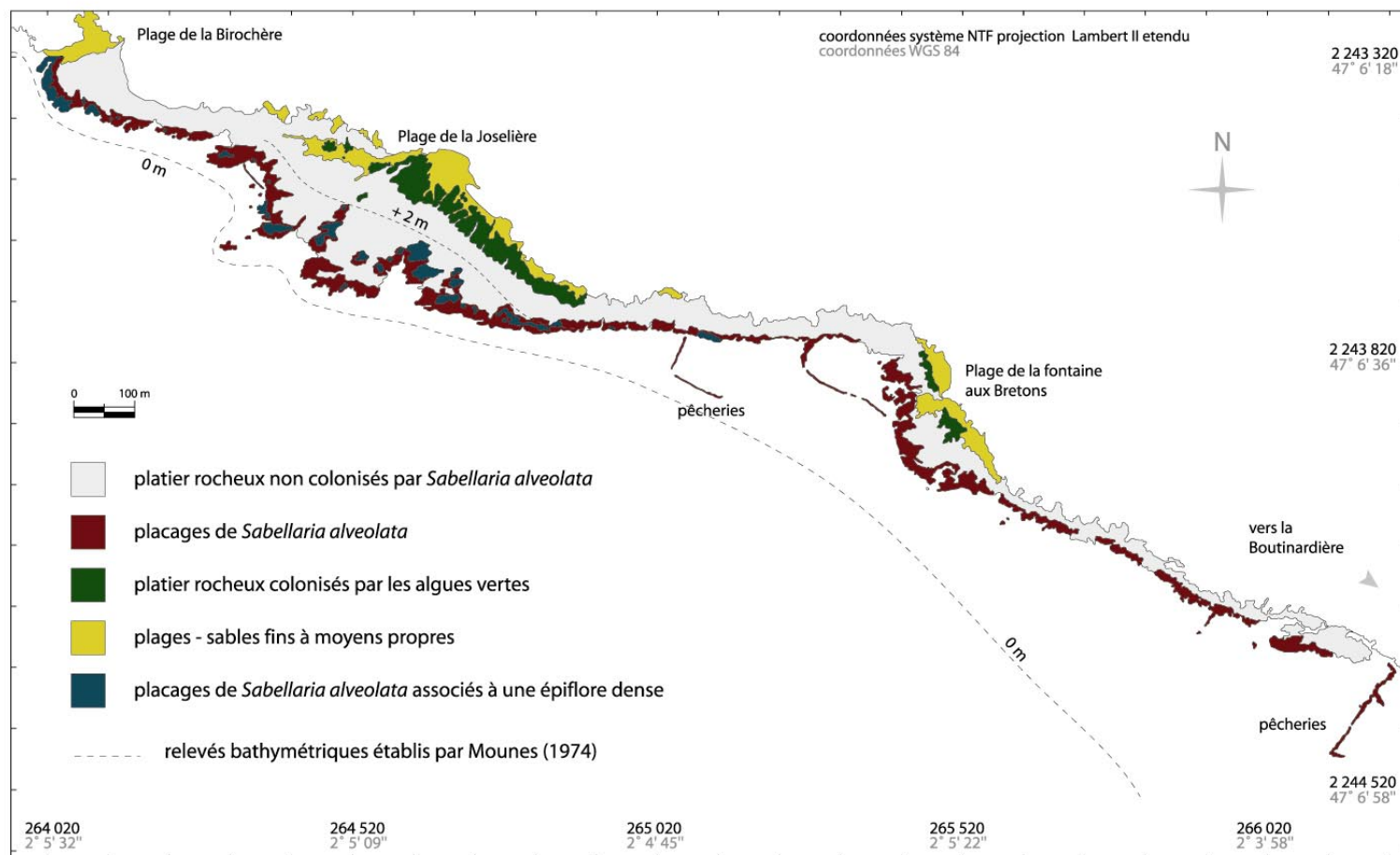
### A - Site de la Fontaine aux Bretons (figure 8).

Les formations récifales à *S. alveolata* sur ce site, qui s'étend de la plage de la Joselière au Sud à la plage de la Birochère au Nord, se présentent sous forme de placages plus ou moins développés. Ces constructions se développent à la limite bathymétrique inférieure du platier rocheux situé dans le prolongement du pied de falaise. Il existe une homogénéité relativement forte de l'état de ces constructions, au regard des 15 stations de prélèvements réparties sur l'ensemble de la zone. En effet, la frange récifale n'excède pas 30 mètres de large (annexe 2B – photos 4 et 5) et se compose de placages coalescents et isolés d'une hauteur moyenne de 45 cm. En moyenne, 10% seulement des structures peuvent être qualifiées de dégradées ce qui révèle un état général sain et développé. Les sédiments avoisinants sont composés de sables moyens à grossiers propres, favorables à l'extension des récifs dont la croissance est limitée par l'absence de structures rocheuses vers le large et un temps d'immersion plus faible vers la côte.

Le platier rocheux constitue un support pour une épibiose parfois dense. Les fucales – i.e. *Fucus serratus* et *F. vesiculosus* essentiellement – sont localisées sur la partie basse du platier rocheux au niveau de la plage de la Joselière, mais les zones colonisées à la fois par les Hermelles et les fucales sont très restreintes. Les parties hautes du platier rocheux en face des plages de la Fontaine aux Bretons et de la Joselière sont massivement colonisées par les ulves qui sont quasiment absentes par ailleurs des zones de placages.

D'une façon générale, les placages d'Hermelles sont colonisés par une épifaune assez dense. Les huîtres représentent le principal épibionte puisque les densités moyennes d'huîtres sur les 15 stations de prélèvement atteignent 73 (erreur standard = 30) individus.m<sup>-2</sup>. Ces densités restent par contre négligeables par rapport à celles observées sur les roches environnantes peu colonisées par les Hermelles et une compétition pour l'espace entre les *Sabellaria alveolata* et *Crassostrea gigas* peut être observée (annexe 2B – photo 7). Néanmoins, de vastes surfaces colonisées, les unes uniquement par *C. gigas*, les autres par *S. alveolata*, peuvent être mises en évidence.

L'ensemble des observations réalisées sur les 15 sites de prélèvements a conduit à l'établissement de la carte du site (figure 8).



**Figure 8.** Carte bio-morphologique au 1/10000 des formations récifales à *Sabellaria alveolata* sur le site de la Fontaine aux Bretons

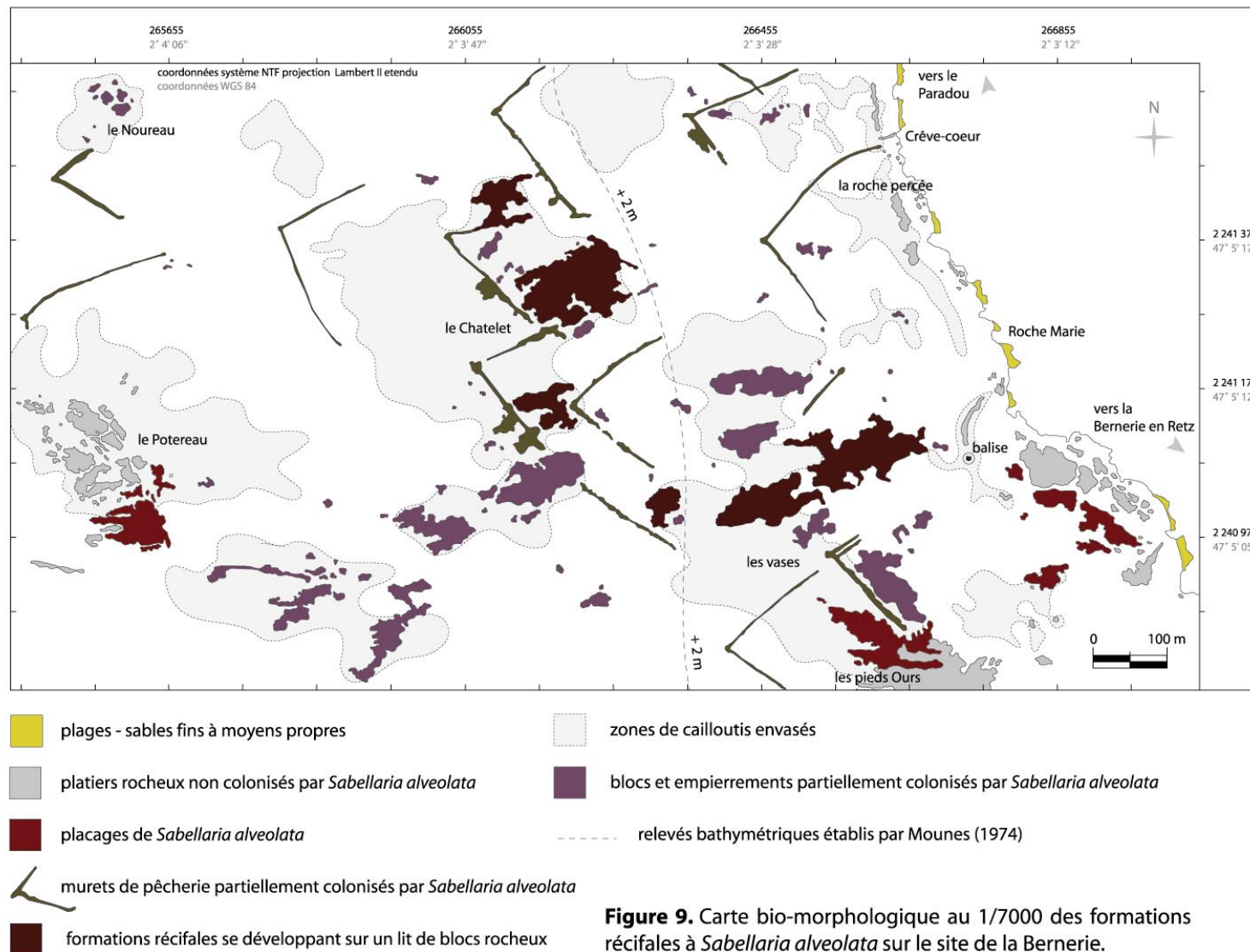
## **B - Site de la Bernerie (figure 9).**

Dans la continuité du site de la Fontaine aux Bretons, la Bernerie est une vaste superficie d'estran caractérisée par une alternance de platier rocheux et de sédiments meubles fins très envasés. Le site d'étude sélectionné est compris entre Crêve-cœur au Nord et l'extrémité des roches des Piéours au Sud. Au large, l'observation a été réalisée jusqu'aux roches du Potereau. En plus des platiers rocheux, une quinzaine d'anciennes pêcheries de pierres offrent un support à l'implantation de placages de *S. alveolata* qui colonisent partiellement les murets. De plus, autour des platiers rocheux s'étendent de vastes zones de cailloutis, plus ou moins mobiles, colonisés par de rares placages d'Hermelles. Dans la partie la plus subtidale – le Noureau par exemple – les galets sont colonisés par l'espèce *S. spinulosa* (Gruet, 1971) et il existe un relais entre ces deux espèces lorsque l'on se dirige vers le haut de l'estran.

Les zones de cailloutis et de galets forment de véritables pièges à sédiment. De fait, les textures sédimentaires sont caractérisées par une importante fraction de vase fluide et très mobile. Les constructions à *S. alveolata* y sont peu étendues en superficie comme en hauteur. Des placages plus développés atteignant une trentaine de centimètres de hauteur sur plusieurs dizaines de mètres carrés se développent sur les roches des Piéours et plus au large au niveau du Potereau. Les platiers rocheux situés à un niveau bathymétrique inférieur n'ont pas été échantillonnés en raison de leur difficulté d'accès.

De véritables formations récifales s'étendent au centre de la zone sélectionnée sur une superficie totale inférieure à 500 m<sup>2</sup> (annexe 2A – photos 5 et 8). Ces dernières se développent en arrière de pêcheries, dans des environnements très envasés sur d'anciens blocs de pierre constituant les murets des pêcheries. Ces supports pierreux disparaissent presque dans les zones où les structures récifales atteignent en moyenne une cinquantaine de centimètres de hauteur. Le degré de fragmentation de ces constructions est maximal puisqu'il atteint 4 ou 5 sur la totalité des stations observées et l'état du récif est particulièrement inquiétant car 70 % (erreur standard = 5 %) du récif apparaît comme dégradé. Les zones rocheuses de la Bernerie offrent un support important pour les huîtres sauvages qui les colonisent massivement. De fait, les blocs récifaux sont très peu colonisés par ces dernières. Les autres épibiontes tels que les moules, les fucales ou les ulves sont quasiment absents de la surface récifale.

La totalité des observations réalisées sur l'ensemble du site d'étude a conduit à l'établissement de la carte du site (figure 9).



**Figure 9.** Carte bio-morphologique au 1/7000 des formations récifales à *Sabellaria alveolata* sur le site de la Bernerie.

### C – Site du port des Brochets (figure 10).

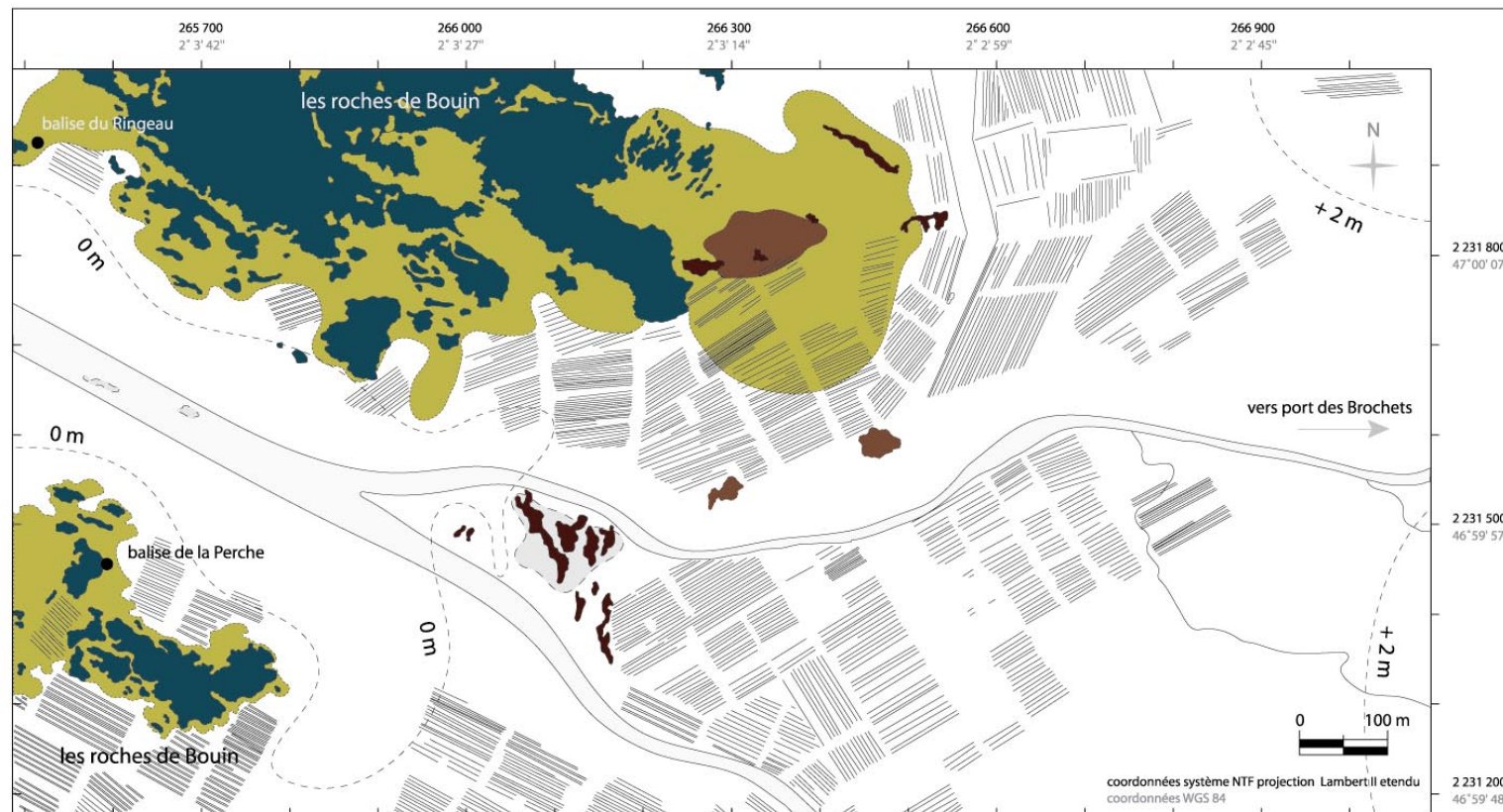
Ce site d'étude est situé au large du port des Brochets, au niveau des roches de Bouin, entre la balise de Ringeau au nord et de la Perche au sud. Cette zone se caractérise par la quasi-totalité de sa surface consacrée à l'élevage des huîtres et la présence de deux importants chenaux de marée qui permettent l'accès, en bateau, aux installations conchyliques. Au niveau de la zone de confluence des chenaux se développe une formation récifale très peu étendue – quelques dizaines de mètres carrés – au niveau d'une zone fortement surélevée (annexe 2A – photo 6). Les constructions y sont très fragmentées – niveau compris entre 3 et 5 – dans un environnement de sable fin envasé en surface et un sédiment grossier en profondeur. La hauteur des constructions dépasse rarement 30 centimètres au-dessus du sédiment avoisinant. En bordure du chenal le plus au nord, deux zones d'implantation d'Hermelles peuvent être signalées : ces points remarquables sont caractérisés par une forte concentration de cailloutis et coquilles d'huîtres entre lesquels se trouvent piégés de petits blocs d'Hermelles.

Dans la partie Nord, les roches de Bouin offrent un substrat important pour la fixation des Hermelles : de vastes superficies sont couvertes par des placages de *S. alveolata* très peu élevés – quelques centimètres – associés à une épiflore particulièrement dense composée majoritairement de *Fucus serratus* et *Ascophyllum nodosum*, les autres algues telles que *F. vesiculosus* ou *Sargassum muticum* n'apparaissant qu'avec une fréquence plus faible. En arrière des roches, protégées de l'action de l'hydrodynamisme dominant croissent de petites formations récifales au sein d'un environnement meuble composé de sable grossier propre et de cailloutis. La plupart des blocs récifaux sont isolés, mais sur certaines zones plus restreintes, ils forment des structures coalescentes d'une cinquantaine de centimètres de hauteur. Ces structures se situent à la limite des installations conchyliques (annexe 2B – photo 2).

La totalité des observations réalisées sur l'ensemble du site d'étude a conduit à l'établissement de la carte du site (figure 10).







- |                                                                                     |                                                                                         |                                                                                       |                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|  | formations récifales se développant sur substrat meuble                                 |  | zones fortement surélevées                       |
|  | association de cailloutis et de petits blocs récifaux                                   |  | concessions ostréicoles                          |
|  | association de fucales et de placages de <i>Sabellaria alveolata</i> sur patier rocheux |  | relevés bathymétriques établis par Mounes (1974) |
|  | sables grossiers et cailloutis propres                                                  |                                                                                       |                                                  |

**Figure 10.** Carte bio-morphologique au 1/7000 des formations récifales à *Sabellaria alveolata* sur le site de la fontaine aux Bretons

## **D – Site de la Fosse.**

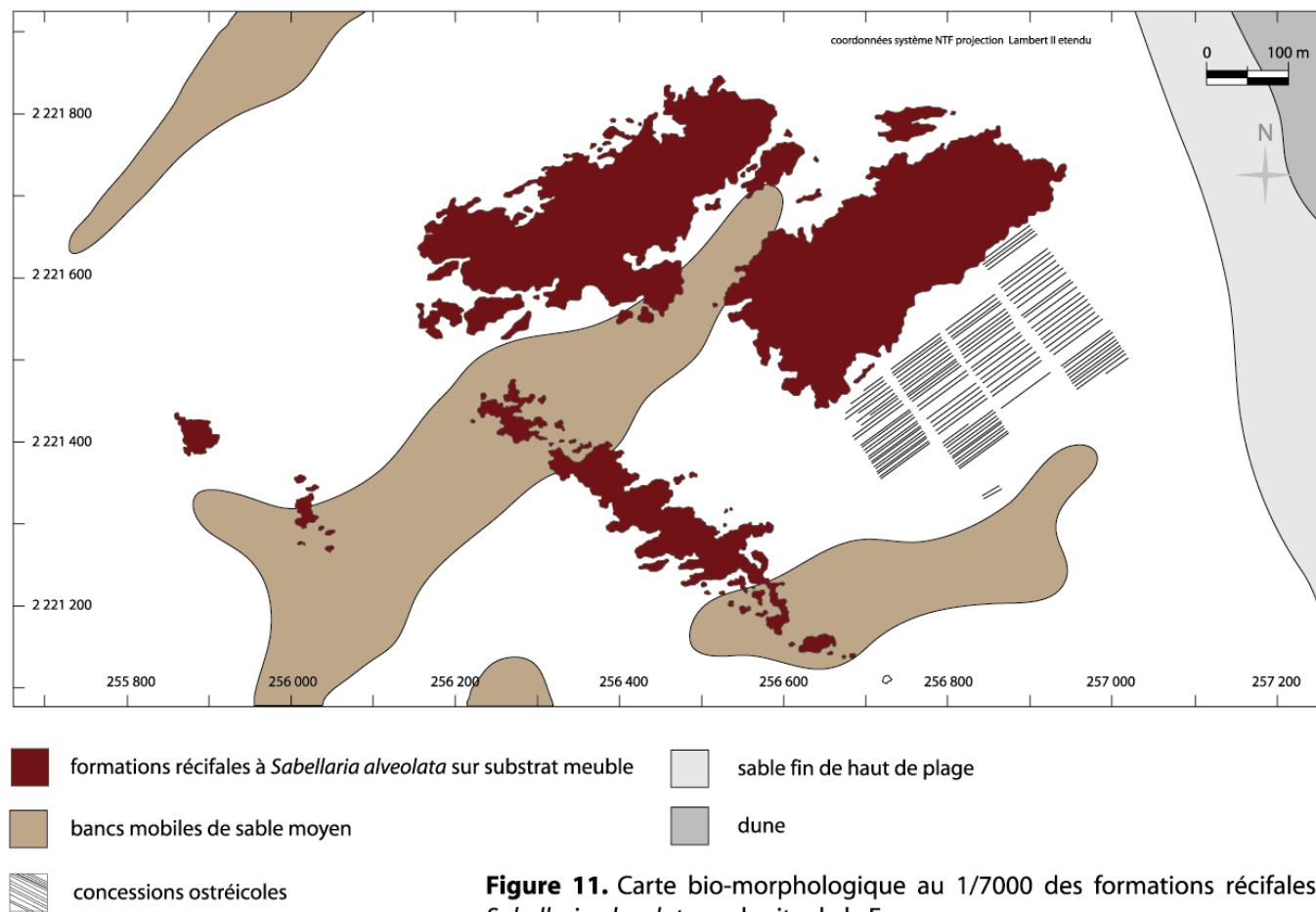
Le site de la Fosse, en arrière du delta de Fromentine, abrite sans commune mesure la plus importante formation récifale à *S. alveolata* de la baie de Bourgneuf. Ces bioconstructions se développent sur une surface de 5 hectares au sein d'un environnement hydro-sédimentaire particulier (figure 11) : une importante langue de sable grossier propre s'avance au centre du récif, ensablant et désensablant certains blocs récifaux, avec une dynamique sédimentaire rapide, expliquant également pourquoi certaines zones du récif n'ont pas été échantillonnées alors que le quadrillage initial, sur la base de l'ortholittorale® 2000, laissait supposer la présence de récif.

Au total, 85 stations ont été observées sur un laps de temps relativement court – 3 jours – excluant de fait l'introduction d'une variabilité temporelle. Les collectes d'informations ont permis d'établir un ensemble de cartes systématiques qui illustrent donc ponctuellement l'état de ces bioconstructions. La figure 12, illustrant le quadrillage appliqué à la zone récifale, indique également que l'ensemble du récif peut être découpé en 3 grandes parties, la partie n°3 représentant une surface inférieure à celle des parties n°1 et 2, par ailleurs égales. Il faut également noter la présence de deux petites extensions récifales plus au large. Seul la première a pu être échantillonnée, la seconde nécessitant des conditions de marée particulières – coefficient important, vent favorable etc ... – pour y accéder.

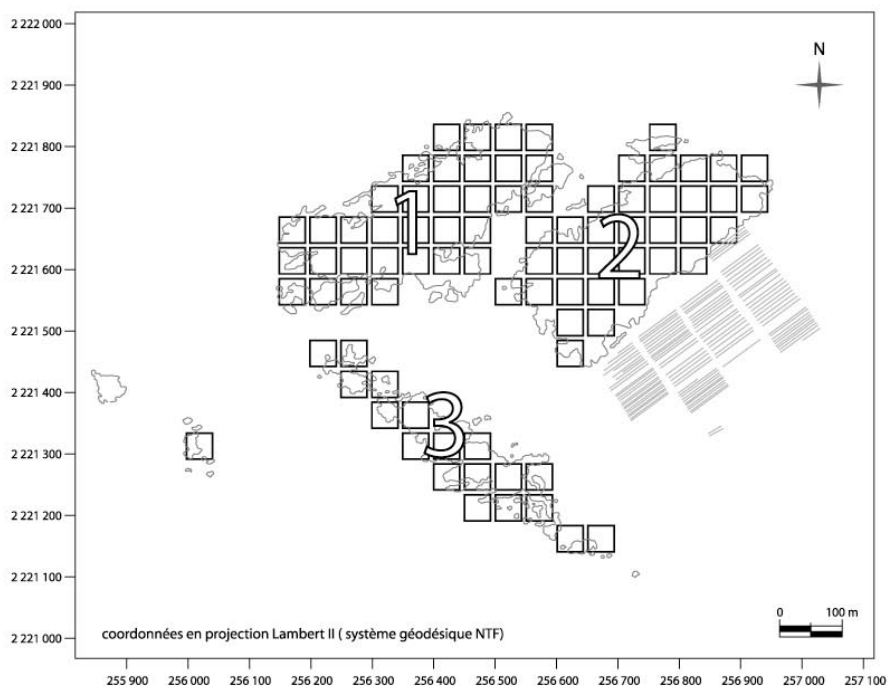
### **1 – Etat structural du récif.**

La carte du degré de fragmentation du récif montre que le récif n'est que peu fragmenté et composé d'une majorité de portions récifales soudées associées à quelques blocs plus petits en périphérie – figure 13 –. En effet, 92% des mailles observées possèdent un degré de fragmentation de 2 – 37% – ou de 3 – 45% – mais une différence existe néanmoins entre les différentes parties du récif. La partie la plus Est du récif est plus fragmentée que la partie Ouest et il semble exister un gradient de la côte vers le large entre les parties n°1 et 2 du récif. Par contre, la partie n°3 est beaucoup plus hétérogène que les deux autres.

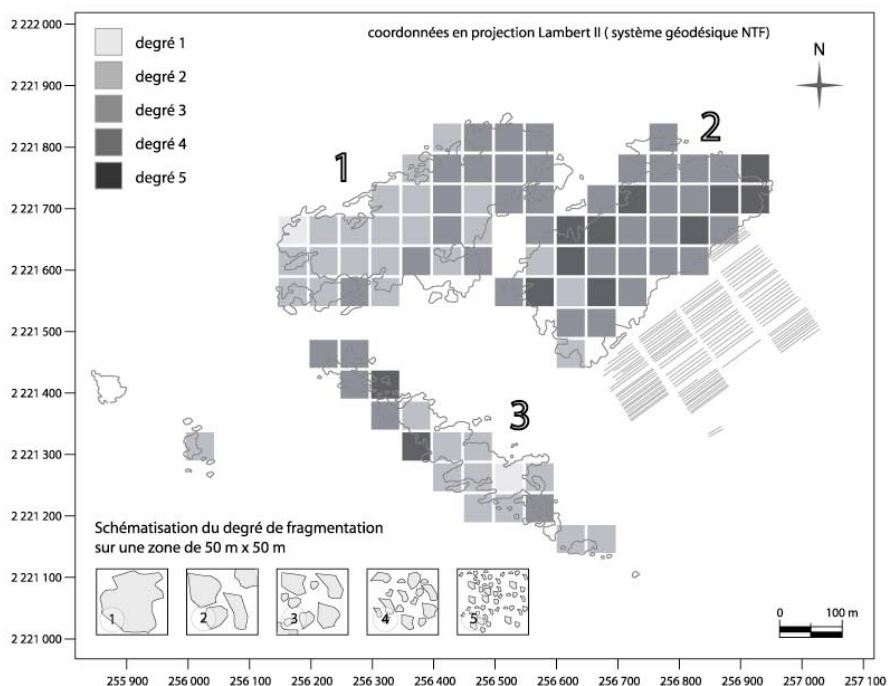
La carte de recouvrement des structures en boule – figure 15 – explique en partie le degré de fragmentation puisque les structures isolées en boule se localisent en grande majorité dans la partie n°2 et au Nord de la partie n°3. Cependant, le taux de recouvrement des structures en boule n'excède jamais 20% de la surface occupée par le récif.



**Figure 11.** Carte bio-morphologique au 1/7000 des formations récifales à *Sabellaria alveolata* sur le site de la Fosse.



**Figure 12.** Carte des 85 stations observées et échantillonnées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Les numéros 1, 2 et 3 indiquent les trois grandes parties qui composent le récifs et auxquelles le texte fait référence. Carte au 1/5 000 ème.



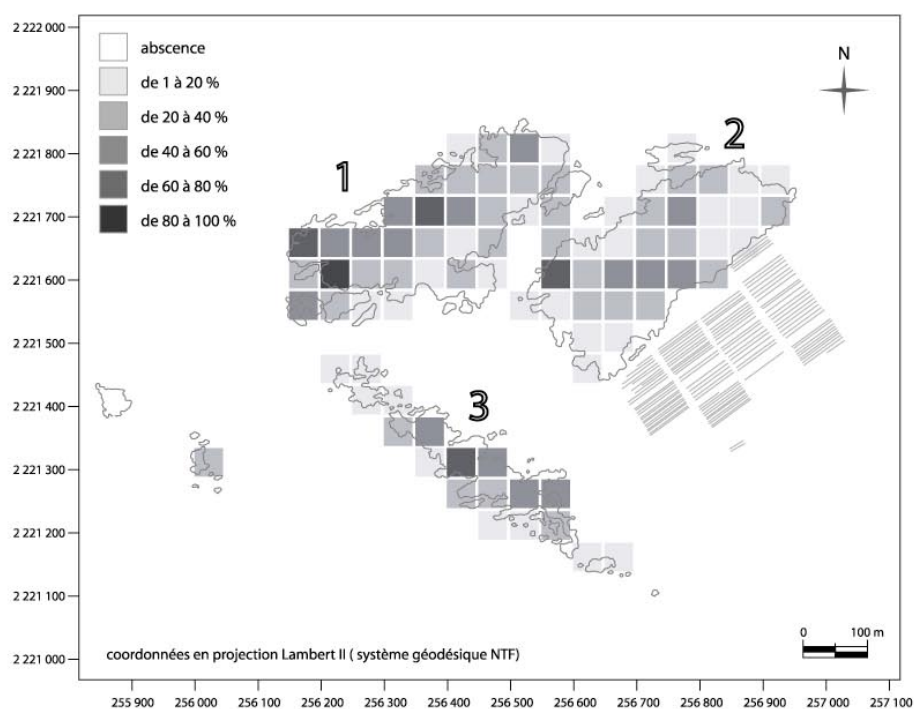
**Figure 13.** Carte du degré de fragmentation du récif sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème. Degré 1 : le récif est composé d'un seul gros bloc - Degré 2 : le récif est composé de plusieurs gros blocs - Degré 3 : le récif est composé de blocs appartenant à un large spectre de taille - Degré 4 : le récif est composé de nombreux blocs petits et moyens - Degré 5 : le récif se compose uniquement de très petits blocs récifaux.

La carte des structures coalescentes – figure 14 – présente une image presque inverse de celle des structures en boule, confirmant de fait la carte du degré de fragmentation du récif. En effet, les plus forts taux de recouvrement des structures coalescentes sont observés sur la partie n°1 du récif puisque sur le tiers des mailles observées, les structures coalescentes occupent plus de 40% de la surface totale du récif. Seule la zone centrale de la partie n°2 présente des taux de recouvrement plus élevés.

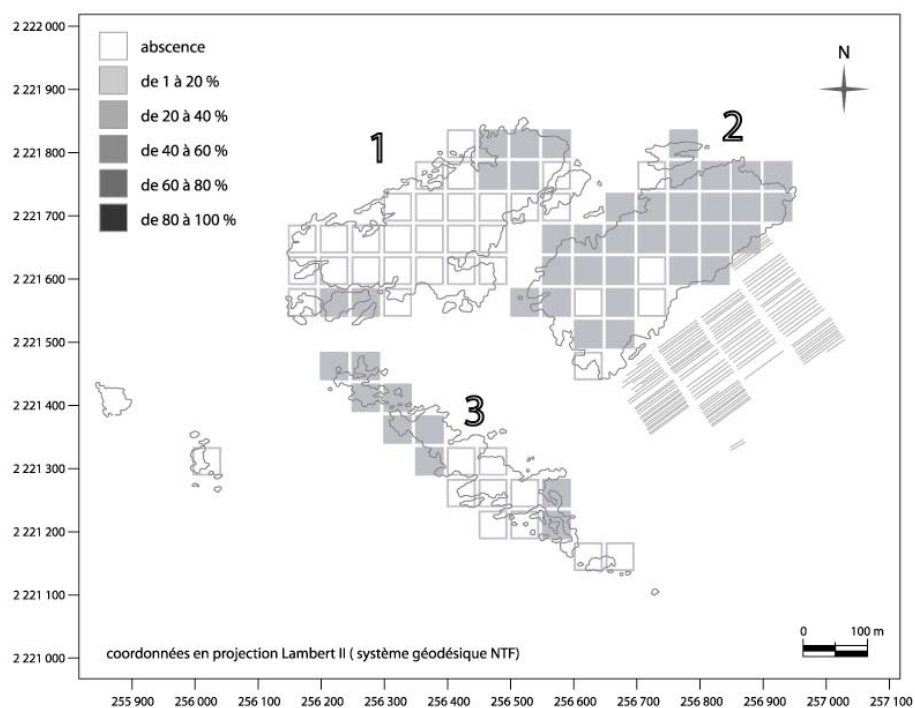
En réalisant la somme des recouvrements des états dégradés – i.e. structures en boules détruites, structures coalescentes détruites et état dégradé proprement dit – il est possible d'obtenir une vision exhaustive des zones fragilisées par une dégradation trop importante. La figure 16 révèle de façon surprenante la très grande homogénéité et le très faible taux de recouvrement des états dégradés sur l'ensemble du récif puisque 90% des mailles observées sont dégradées à moins de 20%. Dans le détail, cette dégradation se compose en grande majorité de structures coalescentes éboulées.

La hauteur des constructions est en moyenne de 60 centimètres (erreur standard = 30) par rapport au sédiments qui les jouxtent. La partie n°3 du récif et l'extrémité Ouest de la partie n°2 sont néanmoins plus élevées que les autres comme en atteste la figure 17 avec des hauteurs atteignant respectivement 155 cm et 140 cm. La hauteur du récif est étroitement liée à la dynamique hydro-sédimentaire locale qui tend, soit à ensabler une partie des bioconstructions, soit au contraire à éroder la base du récif.

Les textures sédimentaires intra-récifales (figure 18), c'est-à-dire observées entre les blocs récifaux au sein même du récif, présentent une forte diversité. La partie Sud-Ouest du récif est caractérisée par une alternance entre un sable fin propre et un sable moyen à grossier propre alors que la partie Nord-Est de la formation semble plus envasée et donc plus diversifiée en ce qui concerne les paysages sédimentaires.

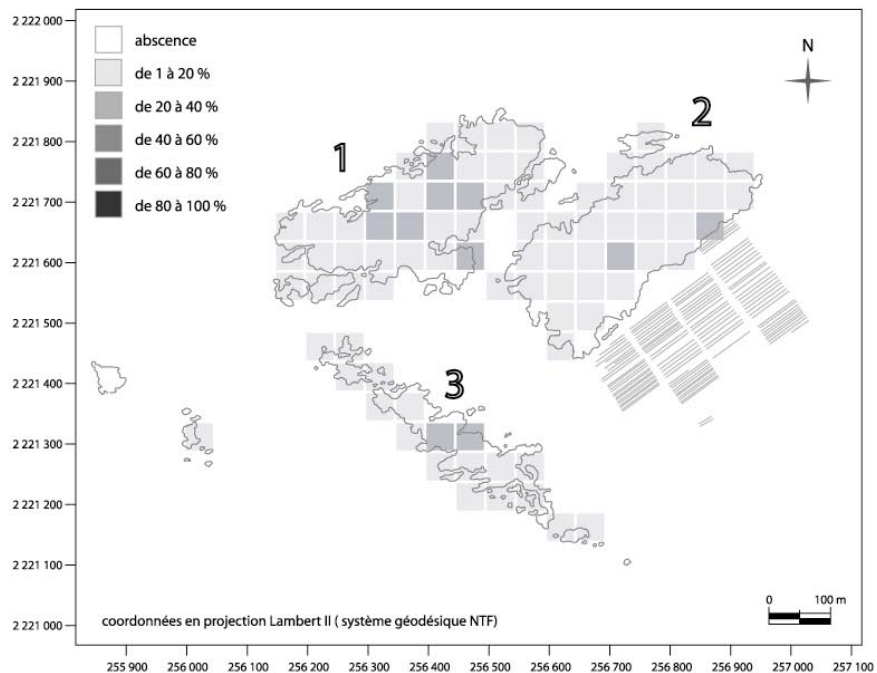


**Figure 14.** Carte du taux de recouvrement moyen des structures coalescentes sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.

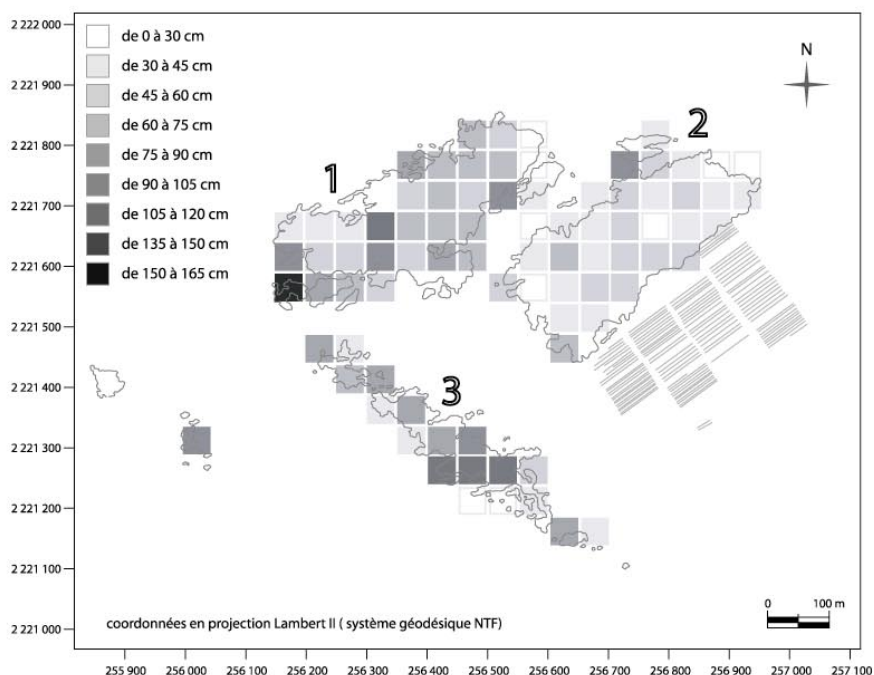


**Figure 15.** Carte du taux de recouvrement moyen des structures en boule sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.



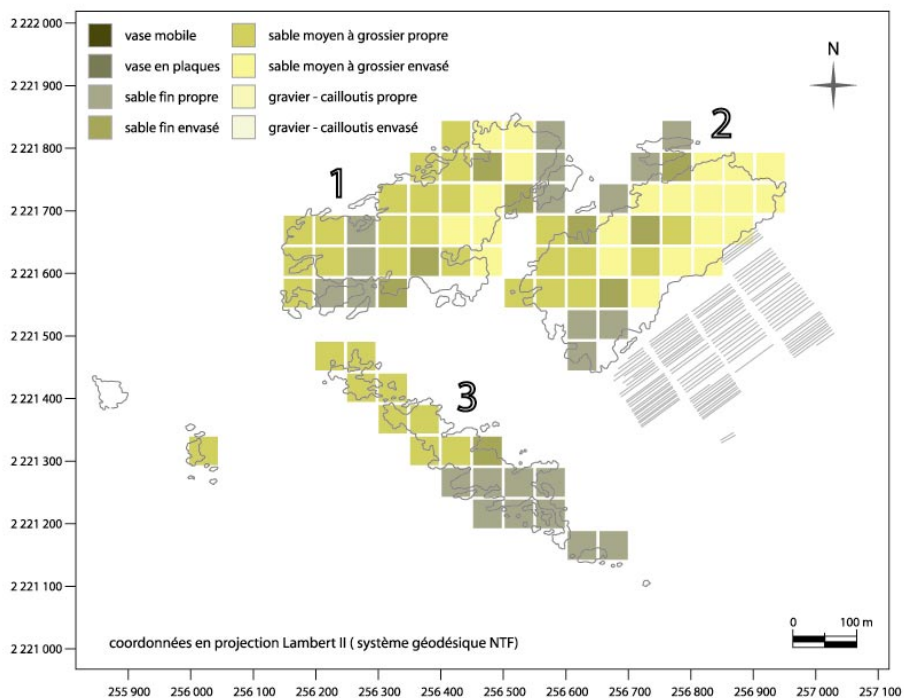


**Figure 16.** Carte du taux de recouvrement moyen des états dégradés sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.



**Figure 17.** Carte de la hauteur moyenne du récif sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.





**Figure 18.** Carte de la diversité texturale des sédiments jouxtant les blocs récifaux sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.

## 2 – Colonisation du récif par les épibiontes.

Une épibiose sessile – *i.e.* espèces animales ou végétales vivant fixées sur un support – est souvent associée aux formations récifales à *S. alveolata*. Certains épibiontes, en particulier les moules *Mytilus edulis* et les huîtres *Crassostrea gigas* sont susceptibles d'influencer la croissance et la dynamique des formations récifales. La cartographie de leur recouvrement a donc été réalisée ainsi que celui des ulves *Ulva* sp. réellement fixées aux récifs et non en échouage. Les algues brunes telles que les fucales ou les laminaires ne sont pas fixées aux récifs, mais se développent sur les platiers rocheux qui peuvent être également colonisés par *S. alveolata*.

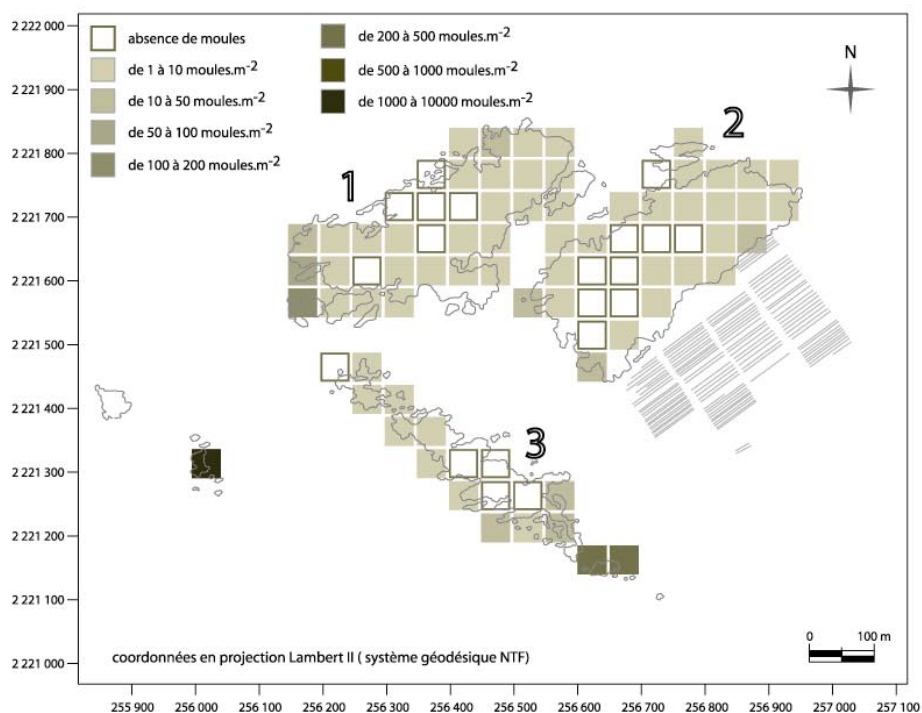
Les figures 19 et 20 représentent respectivement les cartes des densités et des recouvrements moyens par mètre carré de *M. edulis* sur le récif de la Fosse. Il s'avère que

cette espèce possède une fréquence d'apparition particulièrement forte sur ce récif car cette dernière est présente sur 70% des mailles observées, mais elle n'est que peu représentée en terme de densité d'individus. La densité des moules n'excède pas 10 individus.m<sup>-2</sup> pour 61% des mailles observées. L'extrémité Sud de la partie n°3 du récif présente des densités proches de 250 individus.m<sup>-2</sup>, mais c'est la portion récifale située la plus au large où les densités sont les plus élevées puisqu'elles atteignent 5000 individus.m<sup>-2</sup>. Il faut noter que les moules dénombrées sur cette partie du récif appartiennent en très forte proportion à des classes de taille correspondant à de jeunes individus.

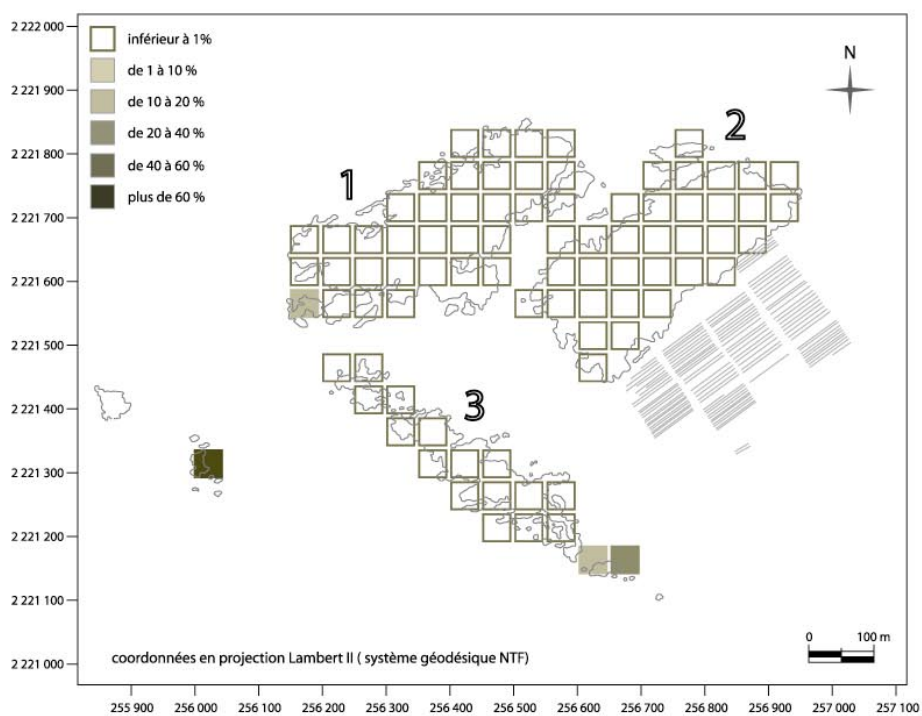
En raison des faibles densités constatées, le taux de recouvrement de *M. edulis* sur la formation récifale est quasiment nul pour 95% des mailles observées. A l'inverse, 60% de la maille située à l'extrémité Ouest est colonisée par les moules.

La colonisation du récif par l'huître *C. gigas* est illustrée par les figures 21 et 22. La distribution de cette espèce est beaucoup moins homogène que celle de *M. edulis*. Il existe un gradient de densité croissant de la partie Sud-Ouest du récif vers la partie Nord-Est. La partie n°2 du récif est la plus colonisée : 10% des mailles de prélèvement de cette partie révèlent des densités d'huîtres supérieures à 100 individus.m<sup>-2</sup>. L'image des taux de recouvrement de cet épibionte se superpose à celle des densités, indiquant un taux de recouvrement du récif supérieur à 10% pour 25% des mailles observées. Il faut noter que les très fortes densités d'huîtres constatées sont associées le plus souvent à un recrutement de naissain et à la présence de jeunes individus.

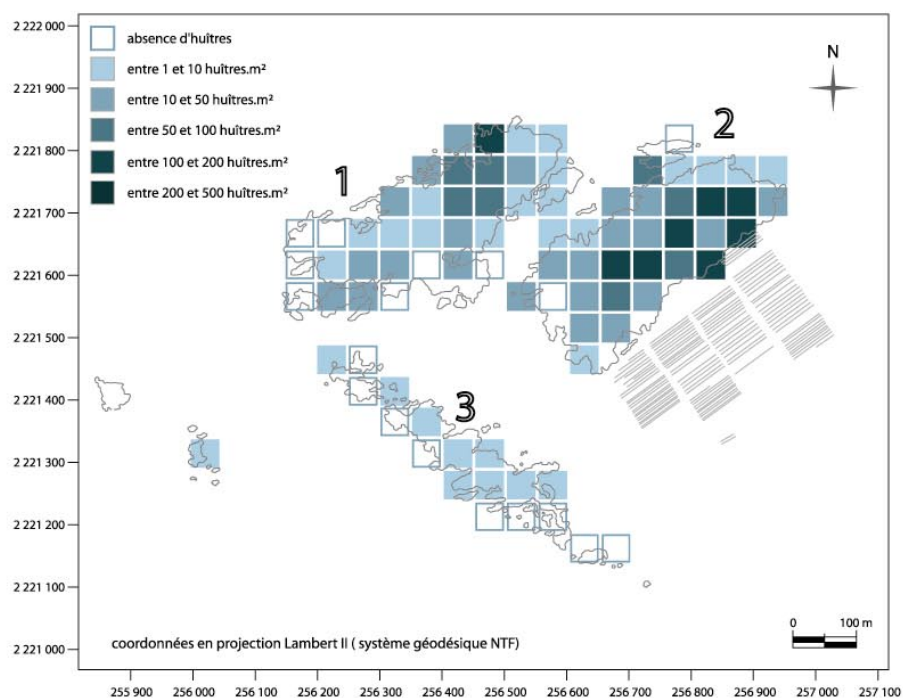
La carte de recouvrement des ulves – figure 23 – indique que la partie n°2 du récif est la plus colonisée par cet épibionte. Cependant, hormis une maille couverte à plus de 50%, la couverture algale ne dépasse pas 10% pour la grande majorité du récif. La carte des densités de pied d'ulve est quasiment impossible à réaliser pour cette espèce en raison de la difficulté du comptage et l'imprécision qui lui est inévitablement liée.



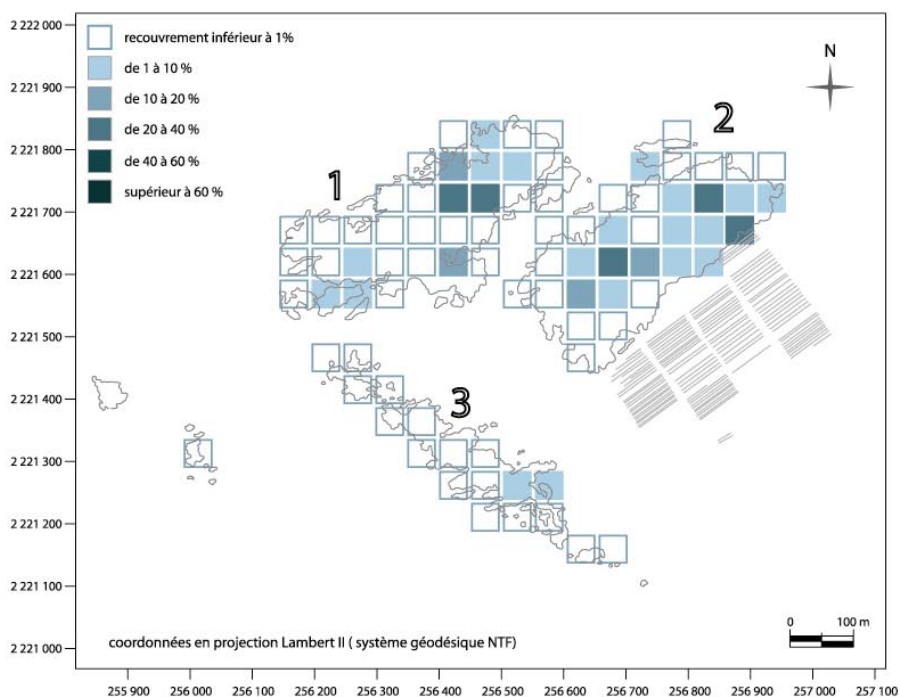
**Figure 19.** Carte de la densité moyenne de moules *Mytilus edulis* par mètre carré sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.



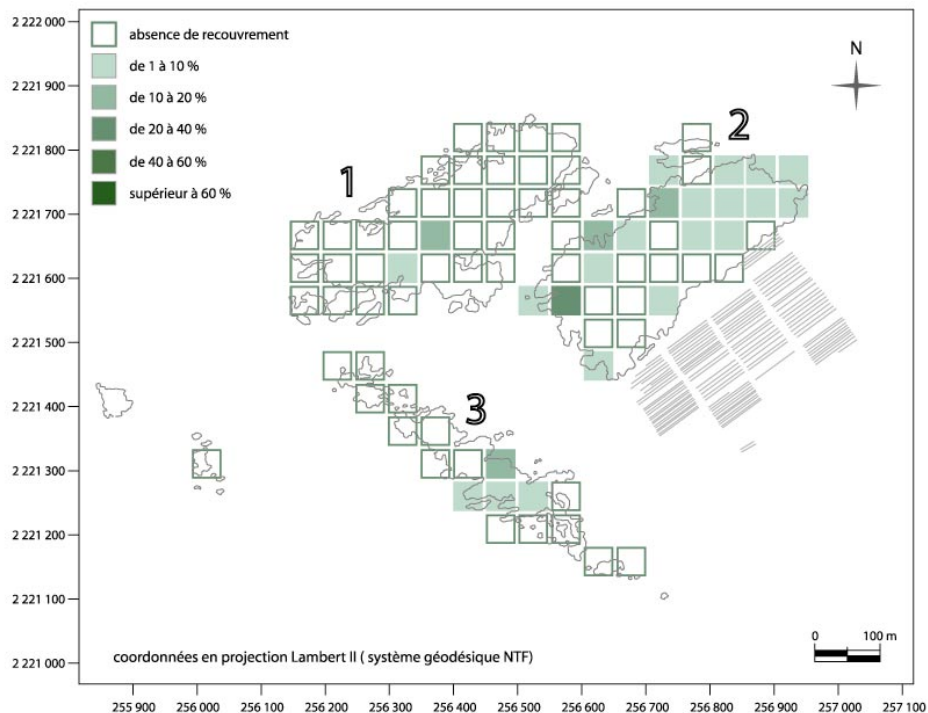
**Figure 20.** Carte du recouvrement moyen de moules *Mytilus edulis* par mètre carré sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.



**Figure 21.** Carte de la densité moyenne d'huîtres *Crassostrea gigas* par mètre carré sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.



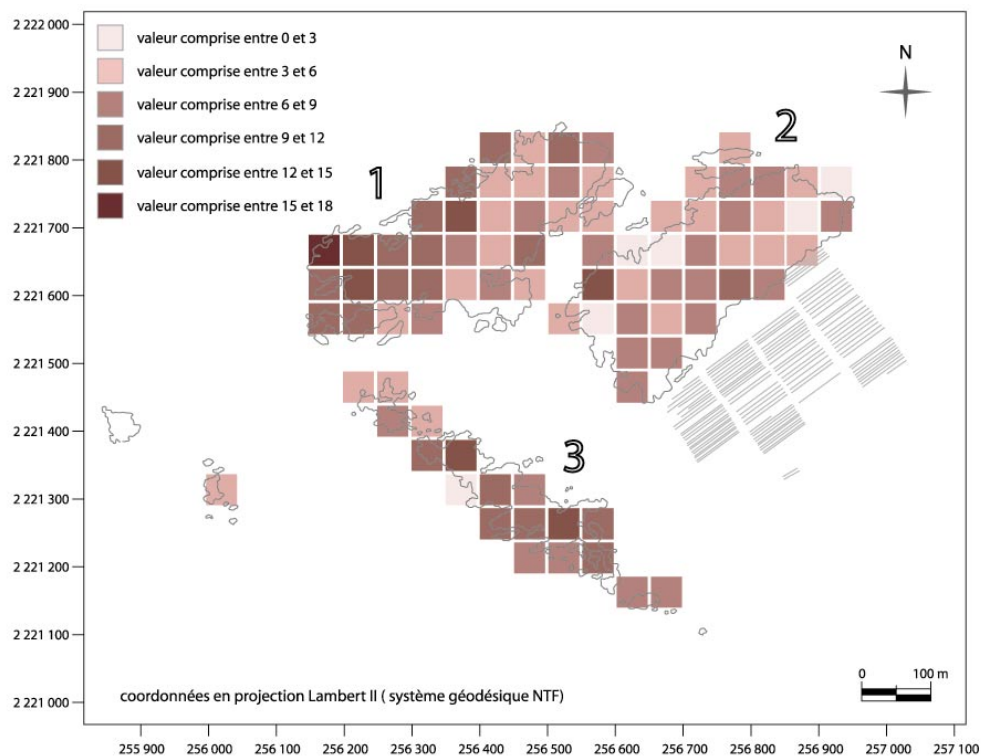
**Figure 22.** Carte du recouvrement moyen d'huîtres *Crassostrea gigas* par mètre carré sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.



**Figure 23.** Carte du recouvrement moyen des ulves *Ulva* sp. par mètre carré sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.

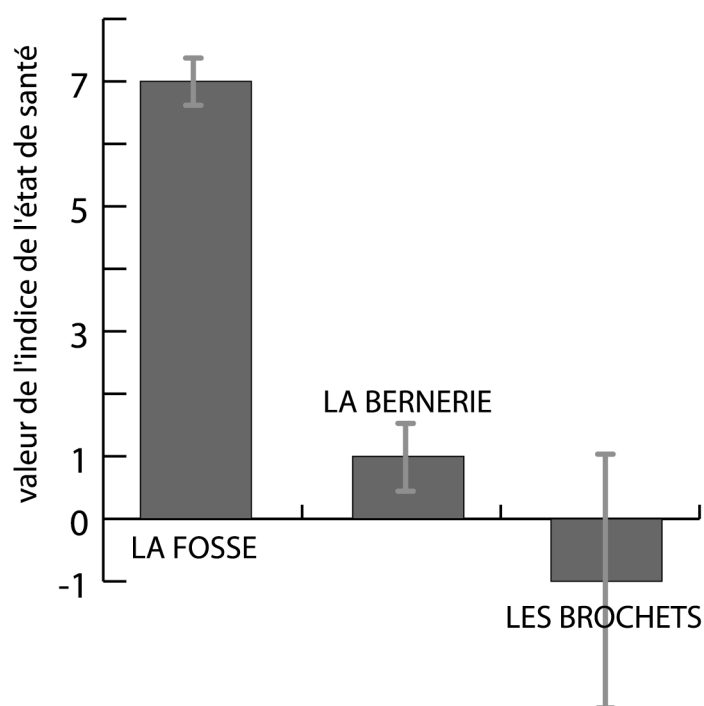
### 3 – Indice d'état de santé de la formation récifale.

L'indice d'état de santé de la formation récifale intègre la plupart des informations collectées sur chacune des mailles couvrant le récif. Sur la formation récifale de la Fosse, la valeur de l'indice s'échelonne de 2 à 16, avec un indice moyen de 7 (erreur standard = 0,4). Les valeurs en elles-mêmes importent peu, mais l'importance des variations est par contre importante dans la mise en évidence de zones sensibles sur le récif. La figure 24 montre un gradient décroissant des valeurs de l'indice entre le Nord-Est et le Sud-Ouest du récif. Dans le détail, la moitié Ouest de la partie n°1 du récif est en meilleur état que la partie Est. La partie n°2 du récif est plus homogène, mais les valeurs de l'indice d'état de santé sont plus faible que pour les autres parties du récif. La partie n°3 est, à l'inverse, globalement en bonne santé si l'on considère les fortes valeurs des indices calculés sur la plupart de ses mailles.



**Figure 24.** Carte de l'indice d'état de santé du récif établi sur les 85 stations observées sur le récif de la Fosse, delta de Fromentine. Carte au 1/5 000 ème.

En comparaison, la moyenne des indices de l'état de santé des formations récifales de la Bernerie-en-Retz sur les 24 mailles qui intègrent des constructions dans un environnement de substrat meuble est égale à 1. L'échelle des valeurs s'étend de -3 à 5. La moyenne est de -1 pour le récif situé en face du port des Brochets, pour un nombre de mailles égal à 12, les valeurs, beaucoup plus hétérogènes, étant comprises entre -10 et 9 (figure 25).

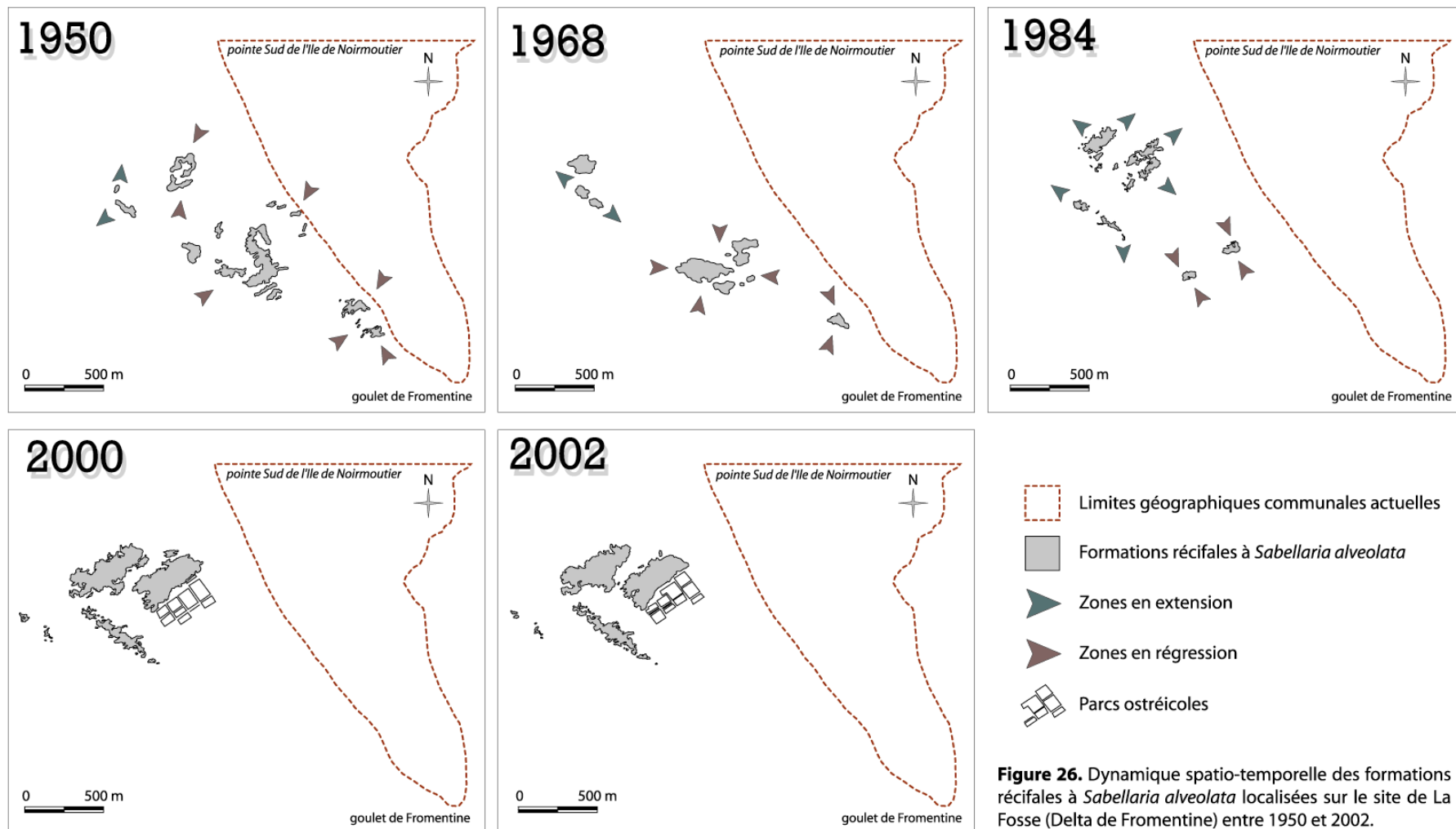


**Figure 25.** Représentation des valeurs des indices de l'état de santé des formations récifales sur les sites de la Fosse, de la Bernerie et des Brochets. L'indice ne s'applique que sur les zones de récif se développant au sein d'un environnement meuble : 85 stations pour le site de la Fosse, 24 pour le site de la Bernerie et 12 pour le site des Brochets. Les erreurs standards sont représentées.

## **E – Evolution spatio-temporelle du site de la Fosse.**

La figure 26 illustre les variations morphologiques du récif de la Fosse entre 1950 et 2002. A cette échelle de temps, les modifications apparaissent particulièrement importantes. L'extrémité Sud des formations, située à proximité du goulet du Delta de Fromentine régresse très fortement entre 1950 et 1968 pour disparaître en 1984. A cette date, apparaissent clairement les ébauches des parties n°1, 2 et 3 des récifs actuels. Entre 1984 et 2002, la surface des récifs a été multipliée par un facteur 3 et les dernières traces des récifs situés juste en arrière du goulet ont totalement disparus. Par contre, deux petites formations apparaissent sur le cliché réalisé en 2000 à l'Ouest et semblent se maintenir.





**Figure 26.** Dynamique spatio-temporelle des formations récifales à *Sabellaria alveolata* localisées sur le site de La Fosse (Delta de Fromentine) entre 1950 et 2002.



L'espèce *S. alveolata* est particulièrement bien représentée dans la baie de Bourgneuf puisqu'on la rencontre de façon fréquente, sous forme de placages ou au sein d'environnements meubles. Les 4 sites d'étude choisis représentent particulièrement bien la diversité des conditions environnementales qui permettent le maintien ou le développement de telles formations et les résultats présentés permettent de dresser le bilan de santé des récifs d'Hermelles de la baie et du delta de marée de Fromentine mais également de mieux comprendre les conditions de préservation de ce patrimoine biologique.

Cette étude soulève plusieurs questions, en particulier celle de savoir si seules les constructions les plus remarquables élaborées par les Hermelles doivent attirer notre attention ou si la présence même de l'espèce *S. alveolata* suffit à alerter les gestionnaires de l'environnement ?

### **A – Typologie des récifs d'Hermelles en baie de Bourgneuf et dans le delta de marée de Fromentine.**

#### **Placages et constructions peu développées.**

A la différence de nombreux fonds de baie, la baie de Bourgneuf est caractérisée par la présence d'îlots rocheux qui, en plus des pieds de falaises qui bordent la baie, rompent la monotonie de l'estran et offrent un support de colonisation pour des épibiontes, dont les Hermelles font partie. Ces supports rocheux sont, à l'instar des sites de la Fontaine aux Bretons, de la Bernerie-en-Retz ou des roches de Bouin au large du port des Brochets, des sites de développement de placages d'Hermelles, constructions adossées à la roche dont elles épousent plus ou moins la forme. Les placages frangeants de la Fontaine aux Bretons sont un exemple de placages en plein développement et semblent avoir atteint une limite de croissance en hauteur : un récif situé plus haut sur l'estran serait soumis à un temps d'immersion plus faible et donc une période plus courte de prise de nourriture pour les polychètes. De plus, au-delà d'une certaine hauteur, l'hydrodynamisme n'est plus assez puissant pour remettre en suspension les particules minérales dont les individus se servent pour élaborer leur tube.

Les placages d'Hermelles rencontrés par exemple sur les roches de Bouin, face au port des Brochets sont les plus fréquemment observés dans la baie de Bourgneuf et plus généralement sur les côtes françaises. Ils correspondent à l'implantation d'Hermelles au niveau d'un substrat dur colonisé par une épiflore dense. La présence de fucales et autres algues brunes limite probablement la fixation de larves et empêche le redressement des tubes d'Hermelles dont la croissance est alors horizontale. Les placages ne se développent de plus qu'en bordure des platiers rocheux, le facteur limitant étant indiscutablement l'apport de sable pour la construction des tubes. C'est la raison pour laquelle sur de vastes platiers rocheux, seules les franges sont colonisées, le centre restant vierge.

Les cailloutis offrent à ce titre une très importante surface de colonisation pour les jeunes individus. Il n'est donc pas rare d'observer des tubes de *S. alveolata* sur de petits blocs de roche mais le plus souvent en faible densité. Les murets d'anciennes pêcheries, constitués par des empierrements, permettent, comme c'est le cas à la Bernerie, la fixation de petits placages de *S. alveolata*.

### **Récifs.**

Les formations récifales de la Fosse sont les bioconstructions à *S. alveolata* les plus importantes du site d'étude. Le terme de récif tel que nous l'avons défini dans l'introduction de cette étude s'applique dans ce cas où le substrat d'origine – ici une roche mère calcaire du tertiaire – n'est plus visible du fait du développement de la formation. Les récifs se développent ensuite par décrochage de blocs et colonisation d'anciennes structures éboulées par les juvéniles qui consolident l'ensemble : l'extension du récif se fait alors sur un substrat meuble. D'autres formations sur substrat meuble, beaucoup plus modestes, peuvent être observées à la Bernerie au niveau de Crève-cœur ou au large du port des Brochets, à la confluence des deux chenaux de marée et en périphérie des installations conchylicoles les plus nord. Les différences observées dans l'état de santé et la dynamique de ces récifs sont sous la dépendance directe des conditions environnementales locales.

### **B – Etat de santé des formations récifales et conditions environnementales.**

**Il existe une forte hétérogénéité dans les états des constructions à *S. alveolata* qui se maintiennent dans la baie de Bourgneuf. De façon générale, il est possible de dire que les sites de la Fontaine aux Bretons et de la Fosse présentent un état de santé remarquable et une dynamique de croissance forte.**

Les conditions environnementales au sein desquelles ces constructions se développent sont assez similaires. Le type de sédiment meuble qui avoisine les récifs est un sable moyen à grossier propre qui correspond au mode de l'analyse granulométrique des tubes d'Hermelles (Vovelle, 1965 ; Gruet, 1984). L'hydrodynamisme local est fort. Les falaises de Pornic et de la Fontaine aux Bretons sont plus directement exposées à la houle que le fond de baie. La largeur de la zone intertidale à ce niveau est faible, accentuant l'intensité des courants de marée. Au niveau du site de la Fosse, l'intensité des courants résiduels est particulièrement forte au niveau du delta de Fromentine. Les récifs situés en arrière sont donc largement influencés par cette courantologie particulière et sont également localisés en mode très battu. L'amaigrissement ou au contraire l'extension des bancs de sable autour et au centre du récif témoigne de caractéristiques particulières de la dynamique hydro-sédimentaire locale. Un parallèle doit être tracé avec les formations récifales à *S. alveolata* rencontrées dans la baie du Mont-Saint-Michel et qui sont parcourues par un banc de sable identique, attestant de conditions environnementales proches, favorables à leur maintien et leur développement. A plus petite échelle, les cartes établies sur le récif de la Fosse indiquent le rôle de barrière que jouent les parties n°1 et 3, modifiant l'intensité et l'orientation des courants et contribuant à augmenter l'envasement en arrière, c'est-à-dire au niveau de la partie n°2.

Les bioconstructions de la Bernerie paraissent être dans un état beaucoup plus critique que celles précédemment citées. Outre leur état structural inquiétant lié à une fragmentation maximale, ils souffrent d'une situation géographique peu favorable due à leur implantation en fond de baie. Les courants de marée y sont moins intenses et les eaux beaucoup plus turbides. La présence de nombreuses pêcheries et zones de cailloutis contribue au piégeage des sédiments fins et à l'envasement de la zone. Par ailleurs, il a été montré (Dubois, 2003) que de fortes charges particulières gênaient la filtration de ce polychète. Il est donc possible que l'activité biologique de ces vers marins soit influencée négativement par ces conditions environnementales. Paradoxalement, il a été montré que les vasières intertidales situées à la Bernerie étaient favorables à une production importante de microphytobenthos, nourriture supposée des Hermelles. De plus, les nombreux blocs et platiers rocheux offrent un support d'implantation pour les jeunes vers. Cette situation ambiguë laisse penser que les constructions à *S. alveolata* de la Bernerie et de Crêve-cœur, anciennement étudiées par Gruet (1971, 1972) ne font que se maintenir sur ce site et seraient donc fragilisées par des modifications de leur environnement qui favoriseraient une diminution des courants locaux et un envasement de la zone. Plusieurs études (Wilson, 1970 ; Gruet, 1982) ont également montré que le recrutement de cette espèce était

cyclique et que le qu'un recrutement massif de juvéniles sur le récif n'avait lieu que tous les 3 ou 4 ans : il peut donc y avoir un cycle dans la croissance de ces formations également.

Les bioconstructions observées sur le site du port des Brochets se présentent sous forme de placages et de véritables récifs sur substrat meuble. Si les placages, en raison de l'importante couverture algale, ne peuvent pas se développer, les récifs situés en bordure des installations conchyliques montrent des signes d'un développement nouveau et continu, comme en attestent la présence de tubes récents sans épibiose, l'absence de stries de discontinuité dans la croissance des récifs et de nombreux tubes avec de très petites ouvertures, preuve d'un recrutement. Sur ce site, l'espèce *S. alveolata* semble se développer puisque la présence de petits blocs de récif en bordure de chenal vient d'être signalée par les professionnels. Les conditions environnementales semblent être les mêmes que celles constatées pour les récifs de la Bernerie avec toutefois un envasement moins prononcé. Pourtant il est reconnu que la présence de tables ostréicoles est un facteur favorisant considérablement la déposition des vases en suspension dans l'eau, en plus des biodépôts générés par les organismes filtreurs que sont les huîtres (Sornin, 1981). Cependant, l'envasement généré par les structures métalliques semble limité ou tout au moins contenu par la gestion d'un réservoir d'eau et les « chasses » d'eau très régulières réalisées au niveau du port des Brochets.

Nous proposons dans le tableau 1 un diagnostic synthétique de l'état de santé et du devenir à l'échelle de plusieurs années des sites examinés dans cette étude, au regard des connaissances acquises récemment sur la biologie de l'espèce *S. alveolata* et du fonctionnement des formations récifales (Dubois, 2003) :

**Tableau 1.** Perspectives d'évolution des récifs établis au sein d'environnements meubles sur les 4 sites sélectionnés dans cette étude : \*\*\*\*\* = excellent ; \*\*\*\* = très bon ; \*\*\* = évolution difficile à prévoir ; \*\* = inquiétant ; \* = très inquiétant ; - = récif destiné à disparaître.

|                                 | ETAT DE<br>SANTÉ | DEVENIR                |                         |                        |
|---------------------------------|------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
|                                 |                  | court terme<br>(3 ans) | moyen terme<br>(10 ans) | long terme<br>(50 ans) |
| Site de la Fontaine aux Bretons | *****            | *****                  | *****                   | ***                    |
| Site de la Bernerie en Retz     | **               | **                     | *                       | -                      |
| Site du port des Brochets       | **               | **                     | *                       | -                      |
| Site de La Fosse                | *****            | *****                  | *****                   | *****                  |

L'évolution prévue dans le temps de ces formations récifales tient compte *i* – de la pression anthropique et de la façon dont elle peut varier et *ii* – de la gestion du problème des huîtres sauvages en baie de Bourgneuf. De l'évolution du recrutement de ce bivalve dépendra en grande partie l'évolution des formations récifales, en particulier celle de la Fontaine aux Bretons et de la Fosse où la compétition huîtres-hermelles est aujourd'hui constatée. Les sites de la Bernerie et du port des Brochets, notamment les récifs établis au sein d'environnements meubles seront probablement amenés à disparaître, en raison de conditions peu favorables à leur développement.

La présence d'Hermelles en baie de Bourgneuf sous forme de placage n'est absolument pas menacée tant les sites où cette espèce est implantée sont nombreux. Le nuage larvaire est sans doute suffisamment important pour maintenir leur subsistance pour un temps indéterminé.

### **C – Activité anthropique et formations récifales.**

La baie de Bourgneuf est un véritable anthroposystème où les conflits d'usage sont nombreux. Comme dans la baie du Mont-Saint-Michel sur les côtes bretonnes (Dubois *et al.*, 2002) ou l'estuaire de la Severn sur les côtes britanniques (Bamber & Irving, 1997), il a été montré que les activités humaines avaient un impact certain sur les formations récifales à *S. alveolata*.

Cet impact peut être direct dans le cas de la pêche à pied et de la collecte d'huîtres, de moules ou d'autres espèces commercialisées. Le piétinement contribue à la fragmentation de l'habitat récifal par éboulement des parties fréquentées par les pêcheurs. Les structures ne sont souvent pas assez massives pour supporter le poids des pêcheurs qui n'hésitent pas non plus à détruire à l'aide d'engins de pêche la surface des récifs colonisés par les huîtres ou les moules lorsqu'il s'agit de les ramasser. Si les sites du port des Brochets ou de la Fontaine aux Bretons sont peu fréquentés, il n'en est pas de même pour la Bernerie et la Fosse. Cependant, les données relatives à ce sujet sont peu nombreuses. L'huître est la principale espèce pêchée aujourd'hui sur les récifs. La présence de palourdes et de pétoncles contribue dans une moindre mesure à la fréquentation du site. Les récifs qui ne sont pas colonisés par les huîtres ne sont que peu fréquentés : sur le site de la Fosse, la partie du récif n°2, la plus colonisée par les huîtres, est aussi la plus fréquentée si l'on dresse un bilan des sorties réalisées sur ce site dans le cadre de cette étude. Il a été montré (Gruet, 1982) que les Hermelles possèdent la capacité de reconstruire

la partie supérieure leur tube et peuvent éventuellement réorienter l'ouverture d'un tube par exemple dans le cas où une portion de récif se serait éboulée. Cependant, cette capacité ne compense pas la destruction qui résulte de l'arrachage d'huîtres ou du piétinement des récifs comme cela a pu être suggéré par une étude bibliographique commandée par la Section Régionale de la Conchyliculture en Bretagne Nord (Vicaire, 2001).

L'impact de l'homme sur les récifs peut être également indirect. Dans la baie de Bourgneuf, depuis quelques années, la reproduction naturelle de l'huître creuse *Crassostrea gigas* devient problématique. Le naissain se fixe sur tous les supports disponibles telles que les structures métalliques des tables ostréicoles ou les platiers rocheux. Les récifs d'Hermelles sont également colonisés par le naissain puisque les densités les plus fortes d'huîtres mises en évidence sur le récif de la fosse correspondent à des surfaces couvertes de naissain. De façon beaucoup plus localisée, le problème semble identique pour les moules *Mytilus edulis* qui occupent les extrémités sud et ouest du récif de la Fosse. Il existe également une compétition pour l'espace entre *S. alveolata* et *C. gigas* sur les platiers rocheux de la Fontaine aux Bretons ou de la Bernerie où les biomasses d'huîtres sauvages atteignent 4,8 (écart-type = 4,4) kg.m<sup>-2</sup> (Cognie *et al.*, 2003). Ces deux espèces de filtreurs sont également compétiteurs potentiels d'une même ressource trophique.

Par ailleurs, les huîtres et les moules sont des consommateurs avérés de mésozooplancton (Davenport, 2000) dont font partie les larves d'Hermelles et de fortes densités de tels bivalves freinent probablement considérablement le retour de larves prêtes à se fixer.

L'homme est en somme un facteur à prendre en considération dans l'étude de ces formations récifales, les activités de pêche à pied étant potentiellement dommageables à ces bioconstructions.

#### **D – Evolution spatio-temporelle des formations récifales de La Fosse.**

L'évolution des récifs de la Fosse, à l'échelle d'une cinquantaine d'années, est étroitement liée aux modifications des conditions environnementales, sous la dépendance forte du delta de Fromentine. En effet, la configuration actuelle apparaît comme le résultat des nombreuses divagations des chenaux de marée (Verger, 1962). Les apports en sable et les nombreux chenaux de marée ont contribué à l'érosion des récifs les plus Sud avant les années 70 puis à l'ensablement de la principale zone récifale restante avant les années 80. Aujourd'hui, la dynamique sédimentaire des bancs de sable qui avoisinent le récif reste, même à l'échelle de l'année, le facteur susceptible d'intervenir avec le plus d'effet sur

l'évolution des récifs. Si le cours du chenal de marée de Fromentine revient à la position qu'il occupait en 1822 (Verger, 1962), à savoir une orientation Sud, l'avenir des formations récifales s'en trouverait menacé. Aussi, tous les futurs travaux d'aménagement entrepris au niveau du delta devront être soigneusement précédés d'une étude d'impact sur la courantologie.

## **E – La protection d'un patrimoine biologique.**

L'aménagement d'un port de plaisance ou la restructuration des parcs ostréicoles soulève le problème des conséquences des activités humaines sur les peuplements marins, en particulier pour les espaces et les espèces d'intérêt biologique. Dans le cadre de la mise en place de Natura 2000 en baie de Bourgneuf, la question des sites remarquables est posée avec acuité, en particulier pour l'espèce *S. alveolata* puisque parmi les habitats marins d'intérêt communautaire figurent les récifs à *S. alveolata* (Habitat 1170 - 4).

Les placages élaborés sur les roches de Bouin au large du port des Brochets ou ceux situés sur les murets de pêcheries en pierre de la Bernerie constituent un véritable îlot de biodiversité à l'échelle de la baie de Bourgneuf. La richesse spécifique de ces constructions contraste nettement avec celle des sédiments meubles ou des substrats durs avoisinants (Gruet, 1982) et les assemblages faunistiques associés à ces récifs sont uniques et originaux (Dubois *et al.*, 2002). A ce titre, à l'heure où la diversité d'un milieu devient un argument incontournable dans la définition d'aire à protéger (Myers *et al.*, 2000), il convient de s'interroger sur la valeur biologique de ces structures biogéniques et le rôle d'habitat qu'elles jouent.

Cependant, si la simple présence de tubes d'Hermelles suffit à augmenter localement la diversité du milieu, il est important de faire la distinction entre les différents types de constructions que cette espèce élabore. Toutes ne peuvent pas être qualifiées de récif et la disparition de petites structures aura un impact probablement mineur sur le maintien et la structure des peuplements benthiques avoisinants. Par contre, la disparition de structures récifales établies sur un substrat meuble aura très probablement des conséquences sur le régime des courants de houle – direction, intensité – ou sur les bilans sédimentaires du site considéré. Il n'est pas non plus exclu que les Hermelles contribuent à enrichir de façon non négligeable les eaux de la baie, par l'émission massive de produits sexuels. En effet, si l'on considère les fortes fécondités individuelles de cette espèce – 150 000 ovocytes – et les densités d'individus sur une formation récifale – 30 000 individus.m<sup>-2</sup> – le rôle de cette

espèce en tant que source potentielle de nourriture pour les espèces élevées doit être pris en compte.

A l'échelle des côtes européennes, deux sites remarquables se dégagent : le récif de Sainte-Anne en baie du Mont-Saint-Michel et le récif de la Fosse en baie de Bourgneuf. **Aussi, si une formation doit faire l'objet d'une attention particulière dans la région des Pays de la Loire, c'est le récif de la Fosse dans le delta de marée de Fromentine.** L'état de santé de cette construction n'est pour l'instant pas inquiétant car de nombreux signes de croissance peuvent être observés mais une surveillance toute particulière doit être portée sur la partie n°2 de cette formation et en particulier sur le devenir du naissain d'huître qui la colonise.

*S. alveolata* est une espèce à cycle benthopélagique. Les larves se développent dans la colonne d'eau pendant une période proche de 6 semaines avant de se fixer sur un support rocheux ou d'autres tubes d'Hermelles si les conditions sont favorables. L'ensemble des constructions récifales de la baie de Bourgneuf sont sans doute toutes liées les unes aux autres *via* cette phase pélagique. Comme pour la plupart des peuplements marins, c'est l'apport en jeunes individus, le recrutement, qui détermine les capacités de survie et de maintien d'une population. Il est donc également nécessaire de connaître les mécanismes de dispersion larvaire de cette espèce dans la baie de Bourgneuf pour déterminer les flux larvaires. La modélisation larvaire est un outil aujourd'hui très utilisé dans la définition d'aires à protéger (Young *et al.*, 1998 ; Grantham *et al.*, 2003 ; Shanks *et al.*, 2003) : les efforts en matière de gestion et de protection de l'environnement doivent porter sur les zones susceptibles d'alimenter les autres en larves et à ce titre aucune donnée n'est disponible pour la baie de Bourgneuf et le delta de marée de Fromentine.



## CONDITIONS DE MAINTIEN & PERSPECTIVES DE GESTION DE CE PATRIMOINE BIOLOGIQUE.

La finalité d'une telle étude est de proposer des règles de gestions et/ou de restauration du patrimoine biologique que représentent les formations récifales à *Sabellaria alveolata*. Un choix doit être fait et un ordre de priorité établi entre les différents sites étudiés. Comme nous l'avons déjà signalé, les petites formations récifales – *i.e.* placages et autres structures peu développées – offrent, dans la baie de Bourgneuf, un intérêt patrimonial limité et l'avenir de l'espèce n'est pas menacée si l'on suppose une forte rétention des larves dans la baie, ce qu'une étude hydrodynamique confirmerait. **Il semble donc raisonnable de concentrer les efforts qui pourraient être fait sur le récif de la Fosse.**

Il n'existe pas aujourd'hui de textes de lois relatifs à une limitation ou une interdiction de fréquentation des récifs. Seul un arrêté annuel conduit par les Affaires Maritimes et mentionnant les récifs d'Hermelles stipule que la pêche à la palourde *Tapes decussatus* est interdite sur le site de la Fosse. Les quotas de pêche des huîtres et autres coquillages prisés sont les mêmes sur les récifs et sur le reste de la côte. Il est donc sans doute urgent d'éviter toute détérioration ou destruction des récifs par des arrêtés annuels, reconductibles, dont le but serait de préserver à court et plus long terme ce patrimoine biologique, quand bien même, à ce jour, les menaces restent discrètes.

La collecte d'huîtres risque de devenir un problème sur le site de la Fosse où une colonisation de la partie centrale des récifs par du naissain a pu être observée. Une densité d'huîtres élevée risque d'augmenter la fréquentation de ce type de pêche, dommageable pour la surface récifale. En effet, la pêche des huîtres sur un site entraîne la dégradation du site où une hétérogénéité de l'habitat est observée ainsi qu'une diminution des densités d'Hermelles. Ces zones dégradées, sont alors colonisées préférentiellement par les larves d'huîtres qui, à terme, concentrent une pression de pêche sur ces zones, alors de nouveau dégradées. La pêche de l'huître creuse est plus dommageable qu'elle n'est nécessaire dans le sens où elle pourrait soustraire les Hermelles à une compétition avec les huîtres. De plus, sur un récif sain, le devenir du naissain d'huître est incertain. Il est donc important de protéger les structures récifales en tant que telles. Aussi serait-il sans doute raisonnable de contrôler la pêche des huîtres et de toutes les espèces impliquant la destruction des récifs par le piétinement ou l'utilisation d'engins de pêche tels que les barres en fer, les tournevis etc.... destinés à casser les blocs récifaux pour y cueillir les huîtres mais aussi des palourdes de roche *Venerupis saxatilis* ou des pétoncles *Chlamys varia*.

La pêche des moules, aujourd'hui peu développée, doit également être surveillée, surtout si l'extension de cette espèce sur le récif se confirme. L'expérience a en effet déjà montré que c'est l'exploitation des gisements de moules et non l'espèce *Mytilus edulis* qui est responsable de la dégradation des récifs (Legendre, 1980).

Des exemples peuvent être pris sur les réglementations préfectorales d'Ile-et-Vilaine interdisant « toute forme de dégradation et de destruction des récifs d'Hermelles » en baie du Mont-Saint-Michel (article 7 de l'arrêté n°247 de la D.R.A.M. de Rennes). **Une mesure similaire concernant les structures récifales et leur dégradation sur le site de la Fosse permettrait de protéger juridiquement ces formations. Cela suppose une information claire et pédagogique à destination des types de pêche à pied qui occasionnent une fréquentation des récifs.**

Enfin, il serait important de ne pas accroître ou modifier les surfaces ostréicoles concédées à proximité des récifs de la Fosse de façon à n'augmenter, à l'échelle de ce site, ni la compétition pour la nourriture ni l'apport en larves d'huîtres. **Un changement d'orientation des parcs serait inévitablement associé à une modification de l'hydrodynamisme local et il serait impossible de prévoir les conséquences pour les récifs.**

Le classement d'un site en réserve marine n'est pas souhaitable pour ce site, même si de nombreuses études sur différents sites du globe ont montré que c'était une solution pourtant efficace dans de nombreux cas de surpêche (Edgar & Barret, 1999). **Un certain nombre de propositions de gestion et d'outils de suivi doivent être faites avant toute chose pour notamment instaurer un dialogue entre usagers, professionnels et gestionnaires de l'environnement.** Ces mesures sont synthétisées dans les tableaux ci-après :

**FINALITE :** L'impact humain direct est le plus évident et le plus dommageable pour ces formations récifales, en particulier la collecte des huîtres fixées sur les structures récifales et le piétinement des usagers. Il faut soustraire le récif à ces impacts anthropiques sévères ;

| Objectifs                                  | Descriptif                                                                                                                                                                                                 | Priorité<br>1 à 3 | Evaluation des<br>coûts |
|--------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Maîtriser le ramassage des espèces pêchées | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglementer la collecte des huîtres <i>Crassostrea gigas</i> sur le récif et n'autoriser que la récolte de celles posées sur le sédiment.</li> </ul>              | 1                 | cf. Pédagogie           |
|                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Réglementer la collecte des pétoncles <i>Chlamys varia</i>, des moules <i>Mytilus edulis</i> et des Palourdes <i>Venerupis saxatilis</i> sur le récif.</li> </ul> | 1                 | cf. Pédagogie           |
|                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interdire l'utilisation des outils susceptibles d'endommager les récifs.</li> </ul>                                                                               | 3                 | cf. Pédagogie           |
| Diminuer le piétinement du récif.          | Inciter les personnes qui pêchent à passer par les chenaux et à n'emprunter que les zones sableuses                                                                                                        | 3                 | cf. Pédagogie           |

**FINALITE : Une mise à disposition d'informations à destination des usagers des récifs est un élément fondamental à une prise de conscience des problèmes environnementaux;**

| Objectifs                                                                                                                                                 | Descriptif                                                                                                                                                                                                             | Priorité<br>1 à 3 | Evaluation des<br>coûts |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Sensibilisation et<br>Pédagogie.                                                                                                                          | •Implantation de panneaux aux abords du site de La Fosse expliquant la biologie, l'écologie du récif, ainsi que la nécessité de le protéger ; élaboration également d'une charte d'un « bon comportement » du pêcheur. | 3                 | 10 k€                   |
|                                                                                                                                                           | •Animations ou Conférences.                                                                                                                                                                                            | 2                 | 1 k€                    |
|                                                                                                                                                           | •Distribution de brochures aux grandes marées reprenant, en partie, le contenu des panneaux.                                                                                                                           | 2                 | 1 k€                    |
|                                                                                                                                                           | •Mise en garde, sur la fragilité du récif, accompagnant les annonces de grandes marées qui paraissent dans les médias locaux.                                                                                          | 3                 | -                       |
| Surveillance des informations scientifiques qui transitent par les associations de naturalistes ainsi que par les journaux et les brochures touristiques. | Validation obligatoire, par un organisme scientifique compétent, des commentaires faits à propos des Hermelles. Nécessité d'un dialogue constant.                                                                      | 3                 | -                       |

**FINALITE :** De l'approfondissement des connaissances sur la biologie de l'espèce et l'écologie des récifs dépendra la validité et la cohérence de futures mesures de restauration de ce patrimoine récifal ;

| Objectifs                              | Descriptif                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Priorité<br>1 à 3 | Evaluation des<br>coûts |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Inventaire de la biodiversité.         | Etudes complémentaires sur la macro-faune associée aux formations récifales : valoriser son rôle de « hotspot » de biodiversité à l'échelle européenne.                                                                                                                                                       | 1                 | 7 k€                    |
| Ecophysiologie des récifs.             | Connaître les principales sources de nourriture de l'espèce <i>S. alveolata</i> et préciser l'impact d'une modification de ces dernières sur les récifs.                                                                                                                                                      | 2                 | 7 k€                    |
| Biologie larvaire et modélisation.     | Développer et affiner la modélisation des larves de <i>S. alveolata</i> dans la baie de Bourgneuf ainsi que la notion d'échange inter-récif.<br>Etude du recrutement <i>in situ</i> sur différents supports de façon à proposer des substrats alternatifs dans le cas d'une disparition partielle des récifs. | 3                 | 10 k€                   |
| Acquisition d'un modèle hydrodynamique | Outil indispensable pour toute étude fiable et fine concernant l'environnement de la baie (dispersion d'un polluant, étude des peuplements benthiques, étude de bilans sédimentaires etc. ...)                                                                                                                | 3                 | 100 k€                  |
| Coordination                           | Nécessité de regrouper l'ensemble des informations vers une personne coordinatrice et compétente pour établir des règles de gestion à très court terme et à moyen terme.                                                                                                                                      | 2                 | -                       |

**A la lumière des connaissances actuelles, il est possible de proposer un ensemble d'outils de suivi des formations récifales et de leur état de santé :**

| Finalité                                     | Outils                                                | Descriptif                                                                                                                                                                              | Fréquence / Durée        | Coût  |
|----------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|-------|
| Suivi de l'évolution morphologique du récif. | Outils cartographiques, homogénéisation des méthodes. | Etude fine de l'évolution des surfaces et des contours récifaux.                                                                                                                        | tous les 5 ans<br>2 mois | 5 kF  |
| Suivi de l'état de santé du récif            | Suivi des états structuraux.                          | A travers des mailles de 50 m de côté appliquées au récif, évaluation du pourcentage de récif, du degré de fragmentation, des proportions de chaque état du récif, du type de sédiment. | tous les 3 ans<br>6 mois | 30 k€ |
|                                              | Suivi de l'épifaune.                                  | Estimation des densités et des taux de recouvrement des épibiontes dans chaque case de 50 m de côté.                                                                                    |                          |       |
|                                              | Suivi des activités humaines.                         | Etude la fréquentation et des sites les plus sensibles                                                                                                                                  |                          |       |

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

**Achary G.P.K.**, 1974. Polychaete of the family Sabellariidae with special reference to their intertidal habitat. *Proceedings of the Indian Natural Science Academy*, 38 : 442-455.

**Audouin E. and Milne-Edouards H.**, 1832. Recherches pour servir à l'histoire naturelle du littoral de la France, ou recueil de mémoires sur l'anatomie, la physiologie, la classification et les moeurs des animaux de nos côtes; voyages à Granville, aux Iles Chausey et à Saint-Malo. : 181 pp.

**Bamber R.N. and Irving P.W.**, 1997. The differential growth of *Sabellaria alveolata* (L.) reefs at a power station outfall. *Polychaete Research Newsletter*, 17 : 9-14.

**Bhaud M. and Dauvin J.-C.**, 1990. Programme National sur le Déterminisme du Recrutement : méthodes et premiers résultats concernant les invertébrés benthiques. *Journal de Recherche Océanographique*, 15 : 25-28.

**Bosence D.W.J.**, 1973. Recent serpulid reefs, Connemara, Ireland. *Nature*, 242 : 40-41.

**Cabioch L.**, 1968. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cahiers de Biologie Marine*, 9 : 495-520.

**Cazaux C.**, 1964. Développement larvaire de *Sabellaria alveolata* (Linné). *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 62 : 1-15.

**Cazaux C.**, 1970. Recherches sur l'écologie et le développement larvaire des Polychètes de la région d'Arcachon. Thèse de la Faculté des Sciences de l'Université de Bordeaux : 355 pp.

**Clark R.B. and Olive P.J.W.**, 1973. Recent advances in polychaete endocrinology and reproductive biology. *Oceanography and Marine Biology, Annual Review*, 11 : 175-222.

**Cognie B., Barillé L. and Rosa P.**, 2003. Estimation du stock d'huîtres sauvages en baie de Bourgneuf (Partie Loire-Atlantique). Rapport SMIDAP, 25 pp.

**Connell J.H.**, 1985. The consequences of variation in initial settlement vs. postsettlement mortality in rocky intertidal communities. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 93 : 11-45.

**Curtis L.A.**, 1973. Aspects of the life cycle of *Sabellaria vulgaris* Verril (Polychaeta : Sabellariidae) in Delaware Bay. Thesis of the Faculty of University of Delaware : 236 pp.

**Davenport J., Smith R.J.J. and Packer M.**, 2000. Mussels *Mytilus edulis*: significant consumers and destroyers of mesozooplankton. *Marine Ecology Progress Series*, 198 : 131-137.

**Dollfus R.P.**, 1921. Résumé de nos principales connaissances pratiques sur les maladies et les ennemis de l'Huître. *Office scientifique et technique des pêches maritimes, notes et mémoires*, 7 : 46.

**Dorjes J.**, 1992. Langzeitentwicklung makrobenthischer Tierarten im Jadebusen (Nordsee) während der Jahre 1974 und 1987. *Senckenbergiana Maritima*, 22 : 37-57.

- Dubois S.**, 2003. Ecologie des formations récifales à *Sabellaria alveolata* (L.) : valeur fonctionnelle et patrimoniale. *Thèse de doctorat du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris*, 203 pp.
- Dubois S., Retière C. and Olivier F.**, 2002. Biodiversity associated with *Sabellaria alveolata* (Polychaeta: Sabellariidae) reefs: effects of human disturbances. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 82 : 817-826.
- Dubois S., Barillé L. and Retière C.**, 2003. Efficiency of particle retention and clearance rate in the polychaete *Sabellaria alveolata* L. *Comptes Rendus Biologies*, 326 : 413-421.
- Eckelbarger K.J.**, 1983. Evolutionary radiation in polychaete ovaries and vitellogenic mechanisms: their possible role in life history patterns. *Canadian Journal of Zoology*, 61 : 487-504.
- Edgar G.J. and Barrett N.S.**, 1999. Effects of declaration of marine reserves on Tasmanian reef fishes, invertebrates and plants. *Journal of Experimental Biology and Ecology*, 242 : 107-144.
- Gaines S. and Rougharden J.**, 1985. Larval settlement rate : a leading determinant of structure in an ecological community of the marine intertidal zone. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the US*, 82 : 3707-3711.
- Glémarec M.**, 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse d'Etat, Faculté des Sciences, Paris.
- Grantham B.A., Eckert G.L. and Shanks A.L.**, 2003. Dispersal potential of marine invertebrates in diverse habitats. *Ecological Applications*, 13 : 108-116.
- Gruet Y.**, 1971. Morphologie, croissance et faune associée des récifs de *Sabellaria alveolata* (L.) de la Bernerie-en-Retz (Loire Atlantique). *Tethys*, 3 : 321-380.
- Gruet Y.**, 1972a. Aspects morphologiques et dynamiques de constructions de l'Annélide Polychète *Sabellaria alveolata* (Linné). *Revue des Travaux des Instituts des Pêches maritimes*, 36 : 131-161.
- Gruet Y.**, 1972b. Faune associée des " récifs " d'Hermelles, Polychète Sabellariidés : *Sabellaria alveolata* (Linné) : cas de récifs morts à Crève-Coeur (La Bernerie, Loire-Atlantique). *Bulletin de la Société des Sciences de Bretagne*, 47 : 69-80.
- Gruet Y.**, 1979. Quelques aspects de la biologie des Hermelles, *Sabellaria alveolata* (Linné) Annélide Polychète sédentaire ; Etude de leur reproduction. *C.R.D.P. de Nantes, Biologie Géologie*, 1 : 3-14.
- Gruet Y.**, 1982. Recherches sur l'écologie des "récifs" d'Hermelles édifiés par l'annélide polychète *Sabellaria alveolata* (Linné). Thèse de l'Université des Sciences et Techniques de Nantes : 238 pp.
- Gruet Y. and Lassus P.**, 1983. Contribution à l'étude de la biologie reproductive d'une population naturelle de l'annélide polychète *Sabellaria alveolata* (Linné). *Annales de l'Institut Océanographique de Paris*, 59 : 127-140.
- Gruet Y.**, 1984. Granulometric evolution of the sand tube in relation to growth of the Polychaete Annelid *Sabellaria alveolata* (Linné) (Sabellariidae). *Ophelia*, 23 : 181-193.



**Gruet Y.**, 1986. Spatio-temporal changes of Sabellarian reefs built by the sedentary Polychaete *Sabellaria alveolata* (Linné). *Pubblicazione della Stazione Zoologica di Napoli: Marine Ecology*, 7 : 303-319.

**Gruet Y., Vovelle J. and Grasset M.**, 1987. Composante biominérale du ciment du tube chez *Sabellaria alveolata* (L.), Annélide Polychète. *Canadian Journal of Zoology*, 65 : 837-842.

**Gruet Y. and Lana P.C.**, 1988. Remarks on the opercular paleae of *Sabellaria bella* Grube, 1870 and *Sabellaria bellis* Hansen, 1882 (Sabellariidae ; polychaeta) from the Southeast coast of Brazil. *Neritica*, 3 : 31-36.

**Gruet Y.**, 1991. Loss of opercular palea in the Polychaete Annelid *Sabellaria alveolata* (Linné) (Sabellariidae). *Ophelia supplement*, 5 : 333-342.

**Gruet Y. and Baudet J.**, 1997. Mortalités massives subies par les populations du Polychète *Sabellaria alveolata* (Linné) du delta de marée de Fromentine (Vendée) suite à des froids exceptionnels. *Bulletin de la Société des Sciences Naturelles de l'Ouest de la France*, 19 : 19-28.

**Gruet Y. and Bodeur Y.**, 1997. Les récifs d'Hermelles. In *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantiques, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives*, Dauvin J.C. (ed.), Service du Patrimoine Naturel / IEGB / MNHN, Paris : 168-176.

**Holt T.J., Rees E.I., Hawkins S.J. and Seed R.**, 1998. Biogenic reefs. An overview of dynamic and sensitivity characteristics for conservation management of marine SACs. Scottish Association for Marine Science (UK Marine SACs Project) : 170 pp.

**Hommeril P.**, 1962. Etude locale (Gouville sur Mer, Manche) de la retenue du sédiment par deux polychètes sédentaires : *Sabellaria alveolata* (Hermelle) et *Lanice conchilega*. *Cahiers Océanographiques*, 4 : 245-257.

**Johansson K.E.**, 1927. Beitrage zur Kenntniss der Polychaeten Familien Hermellidae, Sabellidae und Serpulidae. *Zoologiske Bidrag Fran Uppsala*, 11 : 1-184.

**Legendre C.**, 1980. Le banc des Hermelles, aspects de sa dynamique, mesures de gestions à promouvoir. Rapport du Muséum National d'Histoire Naturelle, Dinard : 82 pp.

**Lewis J.R.**, 1964. The ecology of rocky shores. English University Press, London : 323 pp.

**Mettam C.**, 1992. The influence of *Sabellaria* reef on sublittoral community structure. *Polychaete Research Newsletter*, 14 : 3.

**Moore C.G.**, 1996. The distribution of serpulid reefs in Loch Creran, Argyll. Survey and Monitoring Report, Scottish Natural Heritage Research : 53 pp.

**Myers N., Mittermeier R.A., Mittermeier C.G., da Fonseca G.A.B. and Kent J.**, 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403 : 853-858.

**Orrhage L.**, 1978. On the structure and evolution of the anterior end of the Sabellariidae (Polychaeta Sedentaria). With some remarks on the general organisation of the polychaete brain. *Zoologische Jahrbücher - Anatomie*, 100 : 343-374.

- Pawlick J.R.**, 1988a. Larval settlement and metamorphosis of Sabellariid Polychaetes, with special reference to *Phragmatopoma lapidosa*, a reef-building species, and *Sabellaria floridensis*, a non-gregarious species. *Bulletin of Marine Science*, 43 : 41-60.
- Pawlick J.R.**, 1988b. Larval settlement and metamorphosis of two gregarious Sabellariid Polychaetes: *Sabellaria alveolata* compared with *Phragmatopoma californica*. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 68 : 101-124.
- Rullier F. and Amoureux L.**, 1969. Nouvelle contribution à l'étude de la faune des Annélides Polychètes du Maroc. *Société des Sciences Naturelles et Physiques du Maroc*, 49 : 109-142.
- Shanks A.L., Grantham B.A. and Carr M.H.**, 2003. Propagule dispersal distance and the size and spacing of marine reserves. *Ecological Applications*, 13 : 159-169.
- Sornin J.-M.**, 1981. Processus sédimentaires liés à différents modes de conchylicultures dans les baies de Cancale, de l'Aiguillon et de Marennes-Oléron. Thèse de l'Université des Sciences et Techniques de Nantes : 184 pp.
- Thorson G.**, 1966. Some factors influencing the recruitment and establishment of marine benthic community. *Netherlands Journal of Sea Research*, 3 : 267-293.
- Verger F.**, 1962. Goulets et deltas de marée. *Bulletin de la Section Géographie*, 75 : 133-150.
- Vicaire, O.**, 2001. Etude d'impact pour l'extension de la zone conchylicole en baie du Mont-Saint-Michel. Rapport ALIDADE Section Régionale de la conchyliculture en Bretagne Nord, Rennes : 63 pp.
- Vovelle J.**, 1965. Le tube de *Sabellaria alveolata* (L.) - Annélide polychète Hermellidae - et son ciment. *Archives de Zoologie Expérimentale et Générale*, 106 : 1-18.
- Wilson D.P.**, 1929. The larvae of the British Sabellarian. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 16 : 221-268.
- Wilson D.P.**, 1968. Some aspects of the development of eggs and larvae of *Sabellaria alveolata* (L.). *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 48 : 367-386.
- Wilson D.P.**, 1970a. The larvae of *Sabellaria spinulosa* and their settlement behaviour. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 50 : 33-52.
- Wilson D.P.**, 1970b. Additional observations on larval growth and settlement of *Sabellaria alveolata*. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 50 : 1-31.
- Wilson D.P.**, 1971. *Sabellaria* colonies at Duckpool, North Cornwall, 1961-1970. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*, 51 : 509-580.
- Young E.F., Bigg G.R., Walker P. and Brown J.**, 1998. A modelling study of environmental influences on bivalve settlement in The Wash, England. *Marine Ecology Progress Series*, 172 : 197-214.

# ANNEXE 1

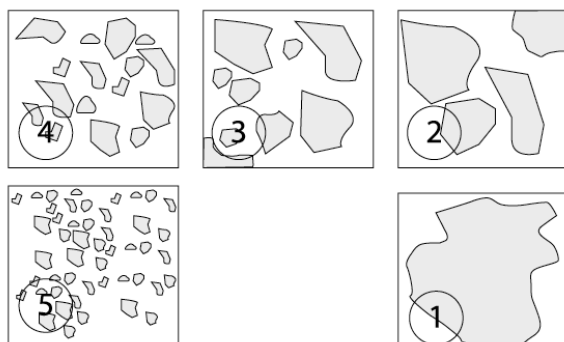
|                |        |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |     |    |                                     |    |  |
|----------------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|----|-------------------------------------|----|--|
| CASE : J18     |        |                                     |                                     |                                     |                                     |                                     |     |    |                                     |    |  |
| % RECIF        | 1      | 2                                   | 3                                   | 4                                   | 5                                   | <input checked="" type="checkbox"/> | 7   | 8  | 9                                   | 10 |  |
| ETATS DU RECIF | B.ISO. |                                     | BID                                 |                                     | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     | SCD |    | <input checked="" type="checkbox"/> |    |  |
| % ETATS        |        |                                     |                                     |                                     |                                     | 70                                  |     |    |                                     | 30 |  |
| DEGRE FRAG     | 1      | 2                                   | <input checked="" type="checkbox"/> | 4                                   | 5                                   |                                     |     |    |                                     |    |  |
| TYPE SED       | V      | <input checked="" type="checkbox"/> |                                     | SG                                  |                                     | C                                   |     | BL | CR                                  |    |  |
|                | M      | T                                   | P                                   | <input checked="" type="checkbox"/> | 4                                   | 5                                   |     |    |                                     |    |  |

## ABBREVIATIONS

|       |                                                           |
|-------|-----------------------------------------------------------|
| B.ISO | BOULES ISOLEES                                            |
| BID   | BOULES ISOLEES DEGRADEES                                  |
| SC    | STRUCTURES COALESCENTES (PLATIER, BARRIERES ..)           |
| SCD   | STRUCTURES COALESCENTES (PLATIER, BARRIERES ..) DEGRADEES |
| DEG   | RESTES DE RECIFS SANS STRUCTURE PARTICULIERE              |

|                                            |    |    |                                     |                                     |     |                                     |     |     |     |     |                                     |    |    |
|--------------------------------------------|----|----|-------------------------------------|-------------------------------------|-----|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------------------------------|----|----|
| CASE : J18                                 |    |    |                                     |                                     |     |                                     |     |     |     |     | <input checked="" type="checkbox"/> | R2 | R3 |
| HAUTEUR MOY                                | 20 | 40 | 60                                  | 80                                  | 100 | <input checked="" type="checkbox"/> | 140 | 160 | 180 | 200 |                                     |    |    |
| HUITRES                                    | 1  | 2  | <input checked="" type="checkbox"/> | 4                                   | 5   | 6                                   | 7   | 8   | 9   | 46  |                                     |    |    |
| MOULES                                     | 1  | 2  | 3                                   | 4                                   | 5   | 6                                   | 7   | 8   | 9   | 50  |                                     |    |    |
| ULVES                                      | 1  | 2  | 3                                   | <input checked="" type="checkbox"/> | 5   | 6                                   | 7   | 8   | 9   |     |                                     |    |    |
| remarques : présence de patches de Gibbula |    |    |                                     |                                     |     |                                     |     |     |     |     |                                     |    |    |

|    |                                        |
|----|----------------------------------------|
| V  | VASE                                   |
| M  | MOBILE (MOLETTE - FINES ...)           |
| T  | PLAQUES (TANGUE - PLACAGES TASSES ...) |
| SF | SABLE FIN A MOYEN                      |
| P  | PROPRE                                 |
| E  | ENVASÉ                                 |
| SG | SABLE GROSSIER A COQUILLER             |
| C  | CAILLOUTIS                             |
| BL | BANQUETTES LANICE                      |
| CR | CREPIDULES EN ECHOUAGE                 |



## FRAGMENTATION

- 1 - LE RECIF EST COMPOSE D'UN SEUL GROS BLOC
- 2 - LE RECIF SE COMPOSE DE PLUSIEURS GROS BLOCS
- 3 - LE RECIF EST COMPOSE DE BLOCS AVEC UNE LARGE GAMME DE TAILLE
- 4 - LE RECIF SE COMPOSE DE NOMBREUX BLOCS PETITS ET MOYENS
- 5 - LE RECIF N'EST COMPOSE QUE DE PETITS BLOCS TRES NOMBREUX

Exemple d'informations recueillies à partir des fiches terrain au cours de la campagne d'évaluation de l'état de santé des formations récifales de la baie de Bourgneuf : 60% de la maille J18 est recouvert par le récif composé de 70% de boules coalescentes et 30% d'état dégradé. Le degré de fragmentation est évalué à 3. Le sédiment dominant est un sable fin envasé et il n'y a pas de crépidules en échouage ni de banquettes à Lanice. Le premier cadrat est posé sur le récif à une hauteur de 1,20 mètres : 46 huîtres ont été comptées, recouvrant 30% de la surface projetée, 50 moules recouvrant moins de 10% et le recouvrement par les ulves est évalué à 40% de la surface projetée.

## ANNEXE 2

### annexe photographique n°2A

- 1 vues d'ensemble de formations récifales se développant sur substrat meuble, structures coalescentes et platiers bien développés (site de la Fosse) (printemps 2004)
- 2
- 3 recrutement de moules *Mytilus edulis* sur un récif en phase de croissance (site de la Fosse) (printemps 2004)
- 4 récif colonisé par les huitres *Crassostrea gigas* (site des Brochets) (printemps 2004)
- 5 vues d'ensemble d'une formation récifale avec un faible taux de croissance en hauteur dans un environnement envasé (site de la Bernerie) (printemps 2004)
- 6 structures récifales particulièrement dégradées et menacées de disparition (site de la Bernerie) (printemps 2004)
- 7 influence des structures récifales sur les patrons hydro-sédimentaires : formation de cordons de sédiments fins (site du port des Brochets) (printemps 2004)
- 8 cuvettes permanentes au sein de structures récifales coalescentes (site de la Fosse) (printemps 2004)

### annexe photographique n°2B

- 1 vue d'ensemble de formations récifales en période de jusant (site de la Fosse) (printemps 2004)
- 2 petites structures en boule récemment développées en marge de concessions ostréicoles (site du port des Brochets) (printemps 2004)
- 3 formations en placages associées à des fucales limitant le redressement et l'extension des tubes (site du port des Brochets) (printemps 2004)
- 4 récif frangeant, placages bien développés sur un substrat rocheux longeant le pied de falaise (site de la Fontaines aux Bretons) (printemps 2003)
- 5
- 6 structures récifales éboulées et dégradées en périphérie de structures coalescentes (site du port des Brochets) (printemps 2004)
- 7 zone de compétition sur un substrat rocheux colonisé par les huitres *Crassostrea gigas* et les Hermelles *Sabellaria alveolata* (site de la Fontaines aux Bretons) (printemps 2003)

clichés S. DUBOIS et A.-L. Barillé

annexe photographique n°2A

