

**DIRECTION DE L'ENVIRONNEMENT
ET DES RECHERCHES OCEANIQUES**

J.M. DESLOUS-PAOLI

EUPHORBE

EUtrophisation et PHénomènes d'ORigine BEnthique

RAPPORT D'ACTIVITES 1987

Ifremer
Laboratoire LER/LR - Documentation
B.P. 171 - Avenue Jean Monnet
34. 03 Sete cedex
Tél: 04 99 57 32 00 - Fax: 04 99 57 32 96

Projet EUPHORBE
Eutrophisation & PHénomènes d'ORigine BEntique

Rapport d'activités 1987

Réalisé par Philippe GROS avec la collaboration de :

Michel BLANCHARD

Pierre CHARDY

Patrick GENTIE

Dominique HAMON

Yves MONBET

IFREMER
 Centre de Brest
 S.D.P.
 B.P. 70
 29263 PLOUZANE
 Tél. 98.22.40.40
 Téléx 940 627

DIRECTION ENVIRONNEMENT
 ET RECHERCHES OCEANIQUES

DEPARTEMENT ENVIRONNEMENT LITTORAL

AUTEUR(S) : Philippe GROS et Collaborateurs	CODE : DERO/EL N° 88-20
TITRE : Projet EUPHORBE Rapport d'activités 1987	Date : Juin 1988 Tirage Nb : 60
	Nb pages : 97 Nb figures : 10 Nb photos :
CONTRAT (intitulé) N°	DIFFUSION Libre [X] Restreinte [] Confidentielle []
<p><u>RESUME</u></p> <p>Ce rapport d'activités dresse le bilan des principales actions engagées au cours de la première année d'existence du projet EUPHORBE. Il se compose de deux grandes parties : (i) la première est dévolue à la présentation des objectifs et de la démarche scientifique ; (ii) la seconde rassemble les comptes rendus des opérations de terrain effectuées en 1987.</p> <p><u>ABSTRACT</u></p> <p>This report assesses the main actions of the first year of the EUPHORBE project, and consists of two parts : (i) the first one is the project proposal (objectives, scientific approach) ; in the second one, the 1987' field operations are related.</p>	
Mots-clés :	
Key words :	

S O M M A I R E

Liminaire	1
PREMIERE PARTIE : PRESENTATION GENERALE DU PROJET	3
SECONDE PARTIE : COMPTES RENDUS DES MISSIONS EUPHORBE 1 à 6	36
EUPHORBE 1	37
EUPHORBE 2	47
EUPHORBE 3 & 4	55
EUPHORBE 5	61
EUPHORBE 6	86

Liminaire

Il est souhaité, au terme de chaque année d'exercice du programme EUPHORBE, pouvoir consacrer un rapport à l'exposé des activités engagées ou menées à terme. Ce type de dossier est conçu comme le complément technique de documents dont le thème est de caractère proprement scientifique, auxquels il ne saurait en aucun cas se substituer. Par ailleurs, il ne doit pas apparaître redondant vis-à-vis des fiches-projet EPRD, aussi n'est-il pas prévu d'y inclure d'éléments comptables, même s'il ne saurait être a priori exclu de mentionner, dans le dernier de ces rapports d'activité, le coût total du programme à son échéance.

Dans ce cadre, le texte qui va suivre précise les actions majeures de l'année 1987, qui est aussi l'année "d'avalisation" et de mise en place du projet ; il se compose donc de deux grandes parties :

- la présentation générale des objectifs et des motivations du programme EUPHORBE ; ce chapitre est élaboré sur la base du document qui fut proposé aux instances d'évaluation : le 4 mai à la Commission Environnement du Conseil Scientifique de l'IFREMER, le 10 juin au Comité des programmes DERO/EL-MR,

- les comptes rendus des missions EUPHORBE 1 à EUPHORBE 6, dont l'objectif était la reconnaissance générale de la zone-atelier : caractéristiques biosédimentaires, structure et biomasse des peuplements benthiques. Dans cette seconde partie sont essentiellement relatés les aspects pratiques de la mise en application des protocoles définis pour chaque mission. Les résultats obtenus et leur exploitation seront publiés sous une autre forme, conformément à ce qui a été annoncé plus haut.

Enfin, la vocation du présent rapport d'activités n'est pas de figer le contenu de ceux qui lui succéderont : pourront par exemple s'y insérer des rubriques concernant les développements technologiques connexes au programme, de même que la nature et l'état des collaborations extérieures engagées.

PREMIERE PARTIE :
PRESENTATION GENERALE DU PROJET

PRESENTATION DU PROJET EUPHORBE

Plan général

Introduction

1. Les bases de la problématique

1.1. Fondements scientifiques

1.2. Choix d'une zone-atelier

2. La stratégie

2.1. Objectifs

2.2. Composantes de l'étude et échelles d'observations

3. Les actions

3.1. Chronologie

3.2. Acteurs

4. Conclusion

Annexes : Fiches thématiques

Fiche n° 1 : Apports en eau douce et en éléments nutritifs

Fiche n° 2 : Echanges avec le large

Fiche n° 3 : Sédimentologie

Fiche n° 4 : Zoobenthos - Peuplements naturels

Fiche n° 5 : Zoobenthos - Peuplements de filtreurs exploités

Fiche n° 6 : Prédation par les limicoles de la macrofaune
intertidale

Fiche n° 7 : Métabolisme benthique (respiration et excrétion) et
régénérations des sels nutritifs - Approche in situ

Fiche n° 8 : Métabolisme benthique - Approche in vitro

Fiche n° 9 : Concentration du sédiment en sels nutritifs

Fiche n° 10 : Sédimentation de la matière organique sur le fond

Fiche n° 11 : Dégradation de la matière organique

Fiche n° 12 : Couplage Benthos - Pélagos ; Modélisation du système
benthique

E U P H O R B E
Eutrophisation & PHénomènes d'ORigine BEnthique

PRESENTATION DU PROJET

par Philippe GROS

Introduction

Le premier chapitre de ce rapport d'avancement est consacré à l'exposé des motivations scientifiques et des applications potentielles du projet EUPHORBE ; ce projet se rattache à l'une des problématiques fortes auxquelles se trouve confronté l'IFREMER, à savoir la gestion des zones côtières. Il ne sera pas revenu ici sur le contenu détaillé de cette dernière rubrique, par ailleurs largement développée dans le plan à moyen terme ; d'un point de vue très général, la question centrale est celle des relations entre les caractéristiques de l'environnement et la productivité biologique (exploitée ou non). Sous ce thème, les résultats attendus du projet EUPHORBE sont d'ordres cognitif (comprendre, expliquer le fonctionnement d'un écosystème côtier) et prévisionnel (devenir des apports dans l'écosystème). Conformément à cette ambition sont retenus les objectifs suivants : (i) estimer le bilan des entrées et sorties de matière organique et d'éléments nutritifs dans la baie de St-Brieuc, zone-atelier du programme ; (ii) établir conjointement la structure du réseau trophique benthique par type de biotope, et quantifier les flux de matière et d'énergie au sein de ce réseau ; (iii) suivant la même logique trophodynamique, préciser les modalités du couplage entre zoobenthos et producteurs primaires, spécialement pélagiques, afin d'établir les rôles respectifs de ces deux entités dans le phénomène d'eutrophisation ; (iv) contribuer à l'élaboration d'un modèle des flux d'éléments nutritifs dans l'écosystème littoral de la baie de St-Brieuc, et se doter ainsi du moyen de simuler les effets les plus probables de mesures d'aménagement affectant l'intensité des flux entrant. Les actions prévues, ainsi que les compétences requises pour atteindre ces objectifs, vont être maintenant examinées.

1. Les bases de la problématique

1.1. Fondements scientifiques

Comment aborder l'étude d'un écosystème ?

Les processus dynamiques qui régissent le fonctionnement d'un écosystème peuvent être analysés et évalués en plusieurs étapes :

- Une phase de reconnaissance des composantes majeures du système ("compartiments" des producteurs primaires, secondaires, ...), phase qui conduit à l'étude de plusieurs variables d'état caractéristiques des structures identifiées. Dans cette première approche, l'objectif est d'estimer quelques paramètres descripteurs de la distribution (au sens statistique) spatio-temporelle de ces variables d'état.

- Pour chacune d'entre elles doivent ensuite être explicitées les principales influences causales qui déterminent les variations observées. Aujourd'hui sont couramment utilisés des modèles déterministes semi-empiriques pour formaliser l'effet de variables externes (forçantes) ; par exemple : effet de la température sur certaines résultantes de l'activité métabolique, variation de l'intensité de la photosynthèse en réponse à une variation de l'énergie lumineuse incidente.

- Le comportement d'une variable d'état donnée ne dépend pas seulement des variables externes, mais aussi des relations entre le compartiment qu'elle caractérise et les autres compartiments. Ce réseau d'interactions peut être commodément représenté par les flux de matière et d'énergie entre compartiments.

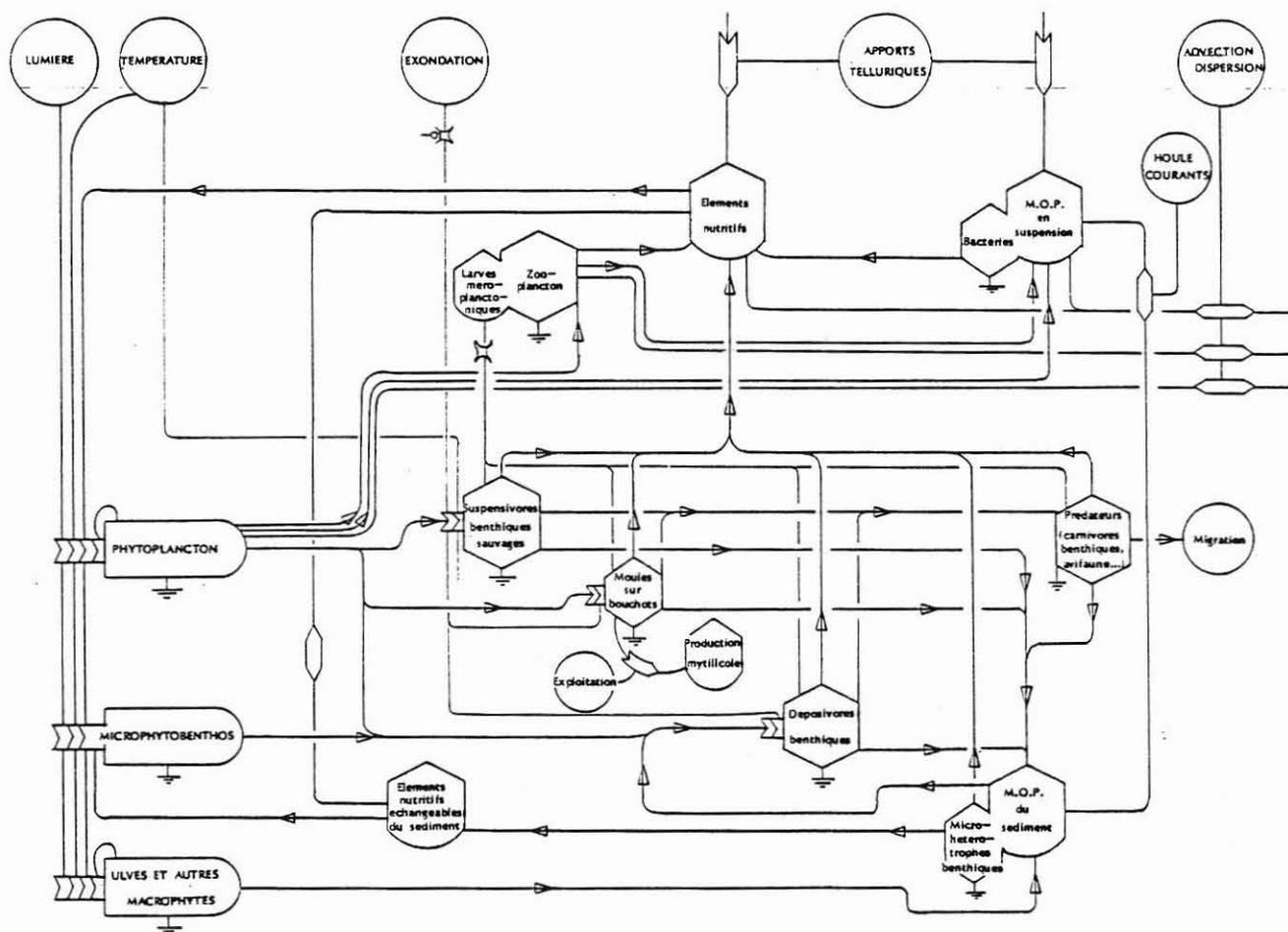
La référence à ces quelques généralités permettra de préciser les rôles du zoobenthos dans l'écosystème littoral. L'un des traits originaux de cet écosystème (relativement aux écosystèmes hauturiers) réside dans l'étroitesse du couplage entre les domaines pélagique et benthique d'une part, et dans l'immédiateté des apports en provenance des bassins versants et de la frange côtière d'autre part. Cela peut être spécialement bien observé sur les côtes de la Manche, où une couche d'eau de faible épaisseur est soumise à un intense mélange vertical ; ce contexte hydrodynamique assure une mise en contact permanente entre les organismes benthiques et la charge sestonique de l'ensemble de la colonne d'eau.

Les flux énergétiques intéressant le système benthique :

Les principaux échanges qui impliquent directement le domaine zoobenthique procèdent des interactions suivantes :

i- Le comportement trophique de nombreux organismes zoobenthiques (en particulier chez les Mollusques et les Annélides) est celui des filtreurs suspensivores. Les besoins énergétiques de cette catégorie sont essentiellement tributaires de la ponction qu'elle opère sur la charge particulaire de la masse d'eau, et en particulier sur les cellules phytoplanctoniques. A ce niveau s'effectue donc un couplage direct entre producteurs primaires et consommateurs zoobenthiques.

ii- Le comportement trophique des organismes zoobenthiques n'est pas exclusivement celui des suspensivores. Ainsi de nombreux invertébrés benthiques qui se nourrissent de particules sédimentées sont-ils regroupés dans les dépositivores : il s'agit en général de la "petite macrofaune", constituée de Mollusques, de Polychètes, de Crustacés et d'Echinodermes. Une nuance peut être introduite, qui sépare les dépositivores de surface (ceux qui ingèrent le film superficiel situé à l'interface eau-sédiment) des dépositivores enfouis (ou de subsurface) ; ce distinguo ne sera pas conservé ici, d'autant moins que la classification fondée sur l'éthologie alimentaire conduit parfois à allouer plus ou moins arbitrairement à l'une des grandes catégories des espèces dont le régime est en réalité mixte (e.g. suspensivore-dépositivore). Quoiqu'il en soit, ce comportement dépositivore établit une interaction entre le compartiment zoobenthique et le compartiment détritique, ainsi qu'un couplage direct avec les producteurs primaires microphytobenthiques. Plus généralement, du fait de la variété des entrées dans le compartiment détritique (apports telluriques, sédimentation du phytoplancton, pelotes fécales du zooplancton, biodépôts des organismes benthiques ...), la connexion de celui-ci et des dépositivores recouvre un ensemble assez complexe de relations indirectes entre le benthos et les autres composantes de l'écosystème. Au surplus, le matériel particulaire détritique constitue un substrat d'élection pour les populations bactériennes.



Modèle conceptuel simplifié du réseau des échanges entre les principaux compartiments de l'écosystème littoral en baie de St-Brieuc. La représentation utilise le symbolisme classiquement employé depuis qu'il fut introduit en écologie par H.T. ODUM.

iii- Jusqu'ici ont été principalement évoqués les flux entrant dans le système benthique. Cet apport d'énergie soutient l'activité métabolique des organismes, qui restituent en retour à l'écosystème :

- . Une biomasse, dont une part sera exploitée directement :
 - par les prédateurs (carnivores benthiques, poissons démersaux, avifaune limicole) ;
 - par l'homme, et ce second rapport fonde le poids économique considérable du benthos. Ainsi plusieurs espèces de Mollusques filtreurs, pour ne considérer que ce groupe, sont elles l'objet d'une activité aquacole (Huîtres, Moules, Palourdes) ou halieutique (Coquille St-Jacques, Praire, ...). En fait, la ressource inclut aussi les prédateurs mentionnés plus haut, avec des espèces à haute valeur marchande parmi les Poissons démersaux et les grands Crustacés.

. Des produits d'excrétion ; schématiquement peuvent être distinguées deux formes :

- une excrétion dissoute, essentiellement composée d'éléments azotés directement assimilables par le phytoplancton. A ce flux correspond la seconde modalité du couplage zoobenthos - producteurs primaires pélagiques ;
- une excrétion (fèces) et des rejets (pseudofèces) particulaires, qui "alimentent" en biodépôts le compartiment détritique.

. Il faut enfin mentionner qu'à ces transferts de matière s'ajoute une activité de remaniement du substrat (bioturbation) qui, entre autres effets, modifie localement les gradients de concentration (en oxygène, en éléments nutritifs) dans les premiers centimètres du sédiment, et influe sur l'intensité des échanges entre celui-ci et la couche d'eau suprabenthique.

Ces prolégomènes, qui esquissent à grands traits la caractérisation fonctionnelle du benthos dans l'écosystème littoral, n'ont pas d'autre ambition que celle d'éclairer de quelle manière une activité de recherche spécifiquement dévolue au domaine benthique s'articule avec les orientations de programmes à vocation plus générale. Selon les motivations de ceux-ci, le benthos peut être schématiquement considéré de deux points de vue.

Le benthos : ressource exploitée et/ou révélateur de perturbation d'écosystème.

i- Si le benthos est essentiellement perçu comme une ressource exploitée, plusieurs objectifs finalisés peuvent alors être identifiés ; ainsi :

- Optimisation de la gestion du cheptel conchylicole (i.e., ajustement de la biomasse cultivée aux potentialités trophiques du bassin) ; sous cette rubrique peuvent être cités les travaux réalisés par le Laboratoire Ecosystèmes Conchylicoles (LEC) de l'IFREMER, et plus particulièrement ceux qui concernent la zone ostréicole de Marennes-Oléron.

- Optimisation des modalités de déploiement et de régulation de l'effort de pêche appliqué aux stocks "naturels" ; pour ne retenir des actions conduites dans ce but que celles dont la connotation écologique est la plus affirmée peut être mentionné le PNDR (Programme National "Déterminisme du Recrutement"), dont l'ambition est d'élaborer un modèle prévisionnel des fluctuations d'abondance de la phase recrutée, afin de se doter d'une capacité de gestion anticipative.

ii- Le benthos peut être aussi appréhendé dans un autre contexte, celui relevant de préoccupations concernant ce qu'il est convenu d'appeler de manière assez vague "les problèmes d'environnement". En fonction du signifié attaché à ce vocable seront rencontrées plusieurs situations.

- Des études descriptives visant à établir un diagnostic sur "l'état de santé" de l'écosystème, et qui procèdent d'une cartographie de l'évolution structurelle des communautés ; ce formalisme permet de faire apparaître des zones plus ou moins profondément affectées. La robustesse de ce type d'approche réside dans la relative inertie des peuplements de la macrofaune benthique ("système à mémoire"), et aussi dans la connaissance des exigences écologiques de nombreuses espèces, ou tout au moins de leurs tolérances.

- Par "problème d'environnement", il peut être entendu "pollution". Compte tenu de la très grande diversité de nature des pollutions marines, seul sera ici mentionné le fait que les filtreurs benthiques assurent pour partie l'introduction dans le réseau trophique de composés peu ou pas dégradables ; d'où l'importance de leur rôle écotoxicologique (contribution au phénomène de bioconcentration).

- De façon plus générale, il sera par la suite considéré que la façade côtière est affectée, ou susceptible de l'être, par un "problème d'environnement" dès lors qu'est modifié, le plus souvent "artificiellement", le régime de l'une des (ou d'une combinaison de plusieurs) variables forçantes de l'écosystème littoral ; plusieurs exemples peuvent être cités :

- . modification de la température induite par les rejets thermiques des centrales électro-nucléaires ;

- . modification de la quantité d'énergie lumineuse indirectement entraînée par un changement de transparence de l'eau (forte turbidité créée par dragage, ...) ;

- . modification de l'hydrodynamisme consécutive à la construction d'une digue, d'un barrage, ... ;

- . modification de la quantité d'éléments nutritifs entrant dans l'écosystème (apports d'origine agricole, urbaine, industrielle).

Pour variés que soient les exemples retenus, tous correspondent à un changement de la quantité de matière et d'énergie fournie à l'écosystème. Dans ces circonstances, la question usuelle est celle des conséquences à en attendre. Cette question étant souvent engendrée par le besoin d'opérer un choix entre plusieurs schémas d'aménagement possibles, il est hautement souhaitable de pouvoir formuler des recommandations dépassant la simple appréciation qualitative, et de se donner les moyens de fournir des prévisions à caractère quantitatif. L'accomplissement de cet objectif réclame une connaissance tributaire de plusieurs domaines de spécialité, mais c'est surtout la contribution attendue de la connaissance des processus biologiques qui sera ici mise en exergue.

Nous avons insisté sur l'étroitesse du couplage entre la population particulière (dont les producteurs primaires pélagiques) et les filtreurs benthiques. L'hypothèse de travail retenue énonce que l'existence des ces interactions implique qu'une perturbation affectant une ou plusieurs des variables externes de l'écosystème se propagera aussi bien dans le domaine benthique que dans le domaine pélagique. La simulation (sous différents scénarios d'intervention) du comportement vraisemblable de l'écosystème nécessite par conséquent une formalisation adéquate des lois qui gouvernent la dynamique de ces compartiments. Conformément à cette orientation, le programme EUPHORBE, dont l'architecture sera détaillée plus loin, aura pour champ d'investigations le réseau des flux du système benthique.

1.2. Choix d'une zone-atelier

Eu égard au mandat du département DERO/EL, un critère de choix à prendre prioritairement en considération est l'existence d'un "problème d'environnement" avéré, au sens défini plus haut. Par ailleurs, pour que se trouvent rassemblés les moyens de se conformer aux orientations générales exposées au §1.1., il sera judicieux de privilégier un site d'étude faisant déjà fonction de "chantier IFREMER", ou destiné à le devenir. Un site qui satisfait ces deux critères est celui de la baie de St-Brieuc. Le choix de cette zone-atelier est pleinement justifié par : i) les difficultés auxquelles sont confrontés les utilisateurs de l'espace littoral dans cette région, ii) les mesures d'aménagement actuellement envisagées et iii) les programmes de recherche engagés dans le domaine marin.

i)- Concernant le premier point, la baie de St-Brieuc est le siège d'une activité traditionnelle de conchyliculture :

- Une concession en eau profonde (1070 ha), située devant Binic, a été accordée dans les années soixante pour la culture de l'Huître plate ; la production annuelle était de l'ordre de 2000 t avant 1979. Par suite des épizooties dont fut victime l'espèce, cette concession est désormais quasiment gelée et ne supporte plus qu'une charge résiduelle dont la valeur oscille entre 100 et 400 t (Huître plate et Huître creuse).

- Dans l'anse de Morieux, une trentaine de concessionnaires gèrent 80 km de bouchots dont la production annuelle est d'environ 4000 tonnes de Moules (Mytilus edulis et Mytilus galloprovincialis). Pour cette activité, le problème majeur provient de la qualité bactériologique de l'eau, qui conditionne la commercialisation de la production. En négligeant en première analyse les nuances qui distinguent des secteurs plutôt moins touchés (vers l'Est de l'anse de Morieux), il peut être globalement admis que la pollution bactériologique (coliformes fécaux parfois accompagnés de Salmonelles) des Moules dépasse d'un ordre de grandeur les normes de salubrité en vigueur, été comme hiver.

Parmi les autres espèces directement atteintes peuvent être aussi signalées les Coques du gisement naturel de l'anse d'Yffiniac (mises à terre d'environ 350 tonnes pour la saison 1986-87).

- La ressource halieutique est surtout représentée par la Coquille St-Jacques, exploitée par 300 à 350 navires de pêche artisanale pendant la saison hivernale. Les difficultés que connaît cette flottille proviennent principalement de l'appauvrissement de la ressource (moins de 3000 tonnes débarquées pendant la saison 1986-87) soumise à une pêche intensive qui ne ponctionne presque exclusivement que deux classes d'âge.

- Outre l'exploitation des ressources vivantes, le littoral de la baie de St-Brieuc, comme d'ailleurs celui de l'ensemble du département des Côtes du Nord, possède une vocation touristique affirmée. Cette activité est depuis plusieurs années en butte à la gêne majeure que constitue la pollution des plages par les "marées vertes", phénomène saisonnier dû à la prolifération de macroalgues du genre Ulva.

Ce succinct inventaire des obstacles à la valorisation des potentialités de la façade littorale illustre une fois encore la situation conflictuelle latente entre secteurs d'activité aux intérêts souvent contradictoires (conchyliculture, tourisme, agriculture). Toutefois, il faut rappeler dès à présent que la philosophie du programme EUPHORBE n'est pas celle d'une "Etude Régionale Intégrée", et que parmi les problèmes qui viennent d'être évoqués, le seul qui en constitue une motivation majeure est le phénomène d'eutrophisation ("marées vertes") vraisemblablement imputable, entre autres facteurs, aux apports massifs d'éléments nutritifs par les rivières qui se jettent dans le fond de la baie. Ne sera pas abordée, dans ce qui va suivre, la question de la qualité bactériologique de l'eau ; il ne s'agit pas là d'une restriction a priori : d'une part l'accomplissement des objectifs annoncés en introduction requiert la mobilisation de l'ensemble du groupe "Ecologie benthique (Zoobenthos)" (vide infra, §3.2.), d'autre part la totalité des compétences en bactériologie "sanitaire" du département DERO/EL est investie sur le programme "Rejets Urbains". Enfin, il n'est pas envisagé de traiter de problèmes relevant de la compétence de DRV/RH, et relatifs à la gestion du stock de Coquilles St-Jacques.

ii)- Selon l'hypothèse actuellement retenue, l'origine de l'eutrophisation serait terrestre (déversements d'azote, de phosphore). Un projet d'aménagement est donc envisagé par la Région, en vue de réduire l'intensité des flux ; en fait, sachant qu'il ne semble guère réaliste d'espérer maîtriser le flux d'azote dans un avenir proche, seule une déphosphatation

sera entreprise. Elle s'appliquerait aux 17 stations d'épuration des communes riveraines de la baie, dans le but d'abattre d'environ 80 % la quantité de phosphates libres qu'elles rejettent.

iii)- Concernant le troisième point (programmes de recherche ayant leur "zone-laboratoire" en baie de St-Brieuc) doivent être invoqués :

- Le PNDR (Programme National "Déterminisme du Recrutement"). Au rang des trois espèces prioritaires identifiées par IFREMER/DRV figure la Coquille St-Jacques, la cible expérimentale étant précisément le stock de la baie de St-Brieuc. Deux faits méritent d'être notés : a) pour les besoins de ce programme, un modèle numérique de circulation dans la baie a été réalisé au sein de DERO/EL ; b) les partenaires scientifiques de l'IFREMER (Université, CNRS) qui collaborent au PNDR souhaitent que le gisement de Coques de l'anse d'Yffiniac soit étudié dans le cadre du PNDR "Coque".

- Le programme "Prolifération des Ulves", conduit dans le département DERO/EL. L'objectif est de comprendre les mécanismes de la pullulation : identification des conditions propices, déterminisme de la nature de la pullulation elle-même (macroalgale et non phytoplanctonique). Un modèle explicatif du compartiment "producteurs primaires" sera prochainement calibré pour contribuer à répondre à ces interrogations, ainsi que pour tester des scénarios de lutte.

- A la liste des actions en cours doit être ajoutée celle des programmes récemment venus à terme, ou bien susceptibles d'être prochainement engagés. Ainsi :

. L'étude d'impact effectuée en 1980-81, initiée par le projet d'extension du port du Légué (projet aujourd'hui "en sommeil").

. En réponse à l'appel d'offres de la CEE (1986-90), il a été proposé (action DERO/EL) d'étudier les rôles de stockage-relargage du sédiment vis-à-vis des éléments nutritifs échangeables (azote, phosphore).

La quantité d'informations déjà acquise en baie de St-Brieuc, les connaissances qui sont en voie de l'être, constituent un critère d'intérêt supplémentaire pour cette zone-atelier.

2. La stratégie

2.1. Objectifs

Ainsi qu'il fut rappelé en introduction, les résultats attendus possèdent un double aspect : cognitif (comprendre, expliquer le fonctionnement d'un écosystème côtier) et prévisionnel (devenir des apports dans l'écosystème). Les objectifs du programme EUPHORBE sont les suivants :

- . Etablir la structure du réseau trophique benthique par type de biotope.

- . Préciser les modalités du couplage entre zoobenthos et producteurs primaires pour cerner les rôles respectifs de ces deux compartiments dans le phénomène d'eutrophisation.

- . Etablir le bilan des entrées-sorties d'éléments nutritifs et de matière organique en baie de St-Brieuc, et contribuer à l'élaboration d'un modèle des flux dans l'écosystème littoral, en vue de simuler les effets les plus probables d'une modification de l'intensité des flux entrant.

2.2. Composantes de l'étude et échelles d'observation

Il est prévu que la durée du programme EUPHORBE soit de quatre (voire cinq) années. La zone-laboratoire retenue est la partie méridionale de la baie de St-Brieuc, au Sud d'une ligne joignant St-Quay-Portrieux (à l'Ouest) à Erquy (à l'Est). La frontière avec le domaine terrestre est quant à elle marquée par des estrans dont l'extension maximale se situe au niveau des anses d'Yffiniac et de Morieux.

Dans ce cadre géographique, la stratégie d'étude de la structure et du fonctionnement de l'écosystème benthique procède d'un ensemble d'actions complémentaires ; seules en seront indiquées ci-après les principales orientations, le détail des investigations faisant l'objet de fiches thématiques jointes en annexe.

i)- Identification des caractéristiques abiotiques les plus pertinentes a priori, notamment :

- courants de marée, circulation résiduelle, temps de résidence des masses d'eau ;

- définition et délimitation des entités sédimentaires.

ii)- Estimation des entrées et sorties de matière organique et d'éléments nutritifs, spécialement azote inorganique et phosphates libres. Une attention particulière devra être apportée à ce volet de l'étude, qui concerne la variable externe potentiellement déclenchante du phénomène d'eutrophisation (sous réserve que les phénomènes dispersifs ne soient pas prépondérants). Abstraction faite du rôle des organismes vivants, les sources (apports telluriques, apports en provenance du large, apports dus au relargage par le sédiment) ainsi que les puits (sortie au travers de la frontière avec les eaux du large, piégeage sédimentaire) seront considérés.

iii)- Estimation quantitative des biomasses (variables d'état) des principales entités fonctionnelles macrozoobenthiques (= compartiments) : suspensivores, dépositivores, carnivores (prédateurs et nécrophages), herbivores. Il s'agit là d'une typologie structurelle qui englobe les peuplements exondables et non exondables d'une part, et les peuplements cultivés (e.g. cheptel mytilicole) et "sauvages" d'autre part. Il faut en outre signaler l'estimation des biomasses méiofaunique et microphytoplanctonique.

A l'issue de cette reconnaissance préliminaire, il est attendu de disposer d'une perception synthétique qui soit à même d'induire un choix raisonné de quelques stations types. Ces dernières auront valeur d'unités expérimentales pour l'analyse du réseau trophique benthique.

iv)- Pour chaque groupe fonctionnel zoobenthique d'une unité expérimentale seront d'une part estimés les termes de son bilan énergétique (consommation, production, respiration, excrétion, ...) et d'autre part identifiées les interactions avec les autres groupes, ainsi que les relations avec les autres compartiments de l'écosystème. Les résultats obtenus seront utilisés pour calibrer un modèle des transferts d'énergie dans le réseau trophique benthique.

v)- A son terme, le programme EUPHORBE devrait aboutir à l'intégration du modèle "compartiment benthique" dans un modèle d'écosystème côtier. Il sera revenu en conclusion sur cet objectif.

Les propositions d'action qui viennent d'être présentées soulèvent des questions de différents ordres, parmi lesquelles figurent deux problèmes conceptuels à résoudre en priorité :

- le premier est celui de l'échelle spatio-temporelle selon laquelle devra être perçue la dynamique des phénomènes explicitement pris en compte : phénomènes hydrologiques, flux d'éléments nutritifs, activité physiologique du benthos. Eu égard à l'état d'avancement du programme EUPHORBE (encore dans sa phase préliminaire), aucune décision n'a encore été arrêtée sur ce sujet. Cette question devra être tranchée préalablement à l'élaboration du modèle numérique, spécialement pour ce qui concerne le couplage benthos - pélagos.

- Le second problème concerne l'élément chimique de référence par rapport auquel seront exprimées les valeurs des flux comme celles des variables d'état (biomasses des groupements fonctionnels zoobenthiques, des producteurs primaires pélagiques, importance du compartiment détritique, ...). Cette question n'a pas un caractère aussi contraignant que la précédente, ne serait-ce que parce qu'il faudra de toute manière établir pour chaque variable d'état les rapports entre les différents éléments de référence envisageables (entre autres pour ramener à "un commun dénominateur" l'information bibliographique). Il peut être dès à présent envisagé que le modèle numérique des transferts dans le compartiment benthique sera du type "modèle en azote", ou "en carbone", ou encore "en calories", les options possibles n'étant au demeurant pas mutuellement exclusives.

3. Les actions

3.1. Chronologie

Durant la première année (1987) du programme EUPHORBE seront conduites les activités suivantes :

. Au plan des opérations terrain, plusieurs missions seront consacrées à la reconnaissance des "structures fortes" de l'écosystème benthique (cf. seconde partie du présent rapport d'activité).

. Au plan de la recherche documentaire :

- Inventaire et synthèse des données existantes sur les apports des bassins versants.

- Synthèse bibliographique : "méthodes d'évaluation des termes du bilan énergétique des Mollusques".

La chronologie des principales actions devant être ultérieurement engagées est résumée dans le tableau ci-dessous ; le contenu de ces grandes rubriques fait l'objet des fiches techniques jointes en annexe de ce document de présentation du projet.

ACTIONS	1987	1988	1989	1990
Etude pilote.				
Estimation des apports (sels nutritifs, matière organique).				
Cartographie des biomasses et identification des principaux groupes trophiques.				
Bilan énergétique de quelques espèces-cibles.				
Quantification du rôle des filtreurs.				
Modèle "Système Benthique".				
Collaboration Equipe "Ecologie Pélagique" :				
- Cartographie des sels nutritifs échangeables du sédiment et cycle saisonnier.				
- Etude et quantification des flux.				
- Modèle de production primaire				
Couplage Benthos-Pelagos et Synthèse				

3.2. Acteurs

Les membres du groupe "Ecologie benthique (zoobenthos)" ont tous une part de leur plan de charge affectée au programme EUPHORBE. Devront donc assumer la réalisation de ce programme :

BLANCHARD Michel (cadre) - CHARDY Pierre (cadre) - DREVES Luc (technicien) - GROS Philippe (cadre, chef de projet) - HAMON Dominique (cadre) - MONBET Yves (cadre, chef de groupe) - YOUENOU Gilles (technicien).

Le groupe n'est pas à même d'accomplir toutes les tâches planifiées dans le cadre d'EUPHORBE. Il s'appuiera donc sur des collaborateurs :

i)- A l'intérieur du département DERO/EL, spécialement avec l'équipe "Ecologie Pélagique" (responsable : Patrick GENTIEN) pour expliciter les rôles de stockage et de relargage du sédiment, ainsi que pour l'utilisation d'un modèle de production primaire (action Alain MENESGUEN). D'un autre côté, le soutien des physiciens de l'équipe "Ecohydrodynamique" sera sollicité pour l'exploitation du modèle de circulation de la baie de St-Brieuc.

ii)- A l'intérieur de l'IFREMER :

. De nombreux problèmes méthodologiques soulevés par le programme EUPHORBE ont déjà été rencontrés pendant l'exécution du programme "Evaluation de la production des écosystèmes conchyliques". Sur ce thème sera donc organisée au mois de juin une réunion de travail avec Maurice HERAL (DRV/RA La Tremblade).

. Parmi les espèces benthiques de la baie de St-Brieuc figurent des ressources exploitées (Moules, Coques). L'appui du CSRU (en la personne de Michel ROUGERIE) permettra d'obtenir des informations sur les biomasses, l'évolution des productions, les pratiques d'exploitation.

iii)- Avec les partenaires institutionnels de l'IFREMER :

Le lancement du programme EUPHORBE a offert l'opportunité de raviver les relations avec nos partenaires du Laboratoire d'Océanographie Biologique de l'Université de Bretagne Occidentale (Directeur : Michel GLEMAREC). Les convergences d'intérêt procèdent, outre d'un domaine de spécialité commun, de l'attention portée à la baie de St-Brieuc par ce laboratoire : collaboration au PNDR "Coquille St-Jacques", volonté d'intégrer l'anse d'Yffiniac dans le réseau des stations du PNDR "Coque".

Enfin, les orientations du programme EUPHORBE impliquent que les membres de l'équipe puissent bénéficier de formations spécialisées. Dès cette année, l'accent sera mis sur :

- l'écophysiologie des Mollusques (formation : Michel BLANCHARD),
- la modélisation (formation : Philippe GROS).

4. Conclusion

Du bilan des actions engagées en baie de St-Brieuc, il ressort que les "ingrédients" nécessaires à l'élaboration d'un modèle explicatif du fonctionnement d'un écosystème côtier se mettent progressivement en place :

- un modèle de circulation a été mis au point ;
- un modèle de production primaire est en cours de calibration ;
- un modèle du compartiment benthique sera réalisé dans le cadre d'EUPHORBE.

Il est donc permis d'espérer qu'émergera, de l'harmonisation de ces études, un outil performant d'aide à la décision pour la gestion de la façade littorale.

A N N E X E S

Fiche n° 1 : APPORTS EN EAU DOUCE ET EN ELEMENTS NUTRITIFS

Investigateur principal : Yves MONBET

Objectifs :

Caractériser les débits et les apports en éléments nutritifs des principales rivières au cours de la période d'étude. Les rivières suivantes :

- Flora
- Gouessant
- Urne
- Gouet
- Gouedic
- Ic
- La Ville Sault

feront l'objet d'une série de prélèvements portant sur la teneur en éléments nutritifs dissous et particulaires, matières organiques particulaires.

Approche scientifique :

L'emplacement des points de mesures sera situé en amont de l'intrusion saline afin d'éviter les phénomènes de dilution par l'eau de mer.

Les fréquences d'échantillonnage (qui pourront varier selon le paramètre mesuré) seront déterminées après examen des données déjà disponibles sur certaines de ces rivières (Urne, Gouessant, Gouet) et établissement des relations "Flux x Débits". Des prélèvements supplémentaires seront envisagés pour cerner l'impact des conditions extrêmes (premières grandes crues d'automne en particulier).

La description des sources inclura :

- Localisation
- Quantité des apports (composition et concentration)
- Variabilité des apports comparée à la moyenne annuelle
- Tendances historiques

Les paramètres suivants seront étudiés :

- Matières en suspension (M.E.S.)
- Sels nutritifs dissous (ammonium, nitrates, nitrites, silicates)
- Chlorophylle a
- Azote organique dissous
- Phosphore organique dissous
- Carbone et Azote particulaires

Résultats attendus :

les résultats de cette étude fourniront une estimation des flux d'éléments nutritifs et de matière organique (carbone et azote) d'origine terrestre entrant dans le système. Cette information est indispensable au calage d'un modèle du couplage pélagos-benthos prenant en compte les échanges dans le réseau trophique benthique. Elle est tout aussi précieuse à l'élaboration du modèle de production primaire réalisé pour le programme "Prolifération des Ulves".

Fiche n° 2 : ECHANGES AVEC LE LARGE

Investigateurs principaux : X (Ecohydrodynamique)
Yves MONBET

Objectifs :

Quantifier l'importance des flux entrant et sortant de la baie vers le large, l'évaluation de ces échanges étant indispensable à l'établissement du bilan en éléments nutritifs.

Approche scientifique :

L'estimation de ces échanges utilisera le modèle numérique de circulation dans la baie, déjà réalisé, et celui qui sera élaboré dans le cadre du programme "Prolifération des Ulves".

Toutefois, il est vraisemblable qu'un certain nombre de mesures in situ seront nécessaires aux conditions aux limites du secteur choisi pour affiner l'estimation fournie par le modèle.

Il n'est cependant pas possible à l'heure actuelle de préciser la nature et la fréquence de ces mesures.

Résultats attendus :

Estimation des flux d'éléments nutritifs et de matière organique à la frontière avec les eaux du large. Les résultats attendus de cette étude ressortent de la même logique que celle qui motive la quantification des apports telluriques (fiche précédente).

Fiche n° 3 : SEDIMENTOLOGIE

Sous-traité : étude confiée à ECOCEAN SARL

Objectifs :

- Cartographier les entités sédimentaires de la baie de St-Brieuc (la carte la plus récente date de 1967).
- Etablir les relations entre les communautés benthiques et les caractéristiques des substrats meubles.
- Fournir, en complément des résultats issus de l'étude des peuplements naturels, des critères de sélection pour le choix de stations types où seront conduites les expérimentations in situ.

Approche scientifique :

Echantillonnage spatial aux noeuds d'un réseau régulier ; les prélèvements sont obtenus par carottage en zone intertidale, à la benne Hamon dans le domaine subtidal, dans les deux cas aux mêmes stations que celles retenues pour l'échantillonnage de la faune benthique. En zone subtidale, la description sera précisée par clichés T.V.P.

Les analyses permettront de connaître :

- les caractéristiques physiques des sédiments (teneur en eau, porosité, matière sèche, densité) ;
- la granulométrie, en particulier la répartition des fractions fine (< 63 μ m) et grossière (> 2 mm) ;
- les teneurs en carbonates et en matière organique totale ;
- les teneurs en carbone et en azote organique.

Résultats attendus :

- Distribution spatiale des paramètres précités.
- Utilisation conjointe de ceux-ci et des données faunistiques pour l'élaboration d'une typologie des stations échantillonnées, en vue d'identifier les grandes unités biosédimentaires de la zone-atelier.

Fiche n°4 : ZOOBENTHOS - PEUPELEMENTS NATURELS

Investigateurs : Philippe GROS - Dominique HAMON

Objectifs :

- Identification et caractérisation des principaux groupes trophiques zoobenthiques : herbivores, dépositores, suspensivores, nécrophages + carnivores.

- Estimation quantitative de la biomasse de chacune de ces unités fonctionnelles.

Approche scientifique :

Echantillonnage systématique, les prélèvements étant effectués au carottier en zone intertidale, à la benne (complétée par des traits de drague) en zone subtidale.

L'analyse des échantillons sera menée en deux étapes :

- composition spécifique et estimation des densités, afin de réaliser une typologie des stations permettant de partitionner la zone-atelier en quelques grandes entités biosédimentaires (cf. fiche "Sédimentologie") ;

- dans chacune des entités ainsi reconnues, allocation des organismes de la macrofaune benthique (rassemblés dans des unités taxinomiques d'ordre élevé : Polychètes, Mollusques, Crustacés, Echinodermes) aux différents groupes trophiques définis ci-dessus ;

- détermination de la biomasse (exprimée en grammes de matière organique par m²) des unités fonctionnelles zoobenthiques par type de biotope.

Résultats attendus :

- Cartographie biosédimentaire de la zone-atelier.

- Définition quantitative des principaux compartiments du réseau trophique benthique.

Fiche n° 5 : ZOOBENTHOS - PEUPELEMENTS DE FILTREURS EXPLOITES

Investigateur principal : Dominique HAMON
Collaboration DRV/CSRU

Quatre types principaux de Mollusques bivalves font actuellement l'objet d'une exploitation dans la baie de St-Brieuc. Il s'agit de populations naturelles (Coquille St-Jacques, Coque, Moule) ou cultivées (Huître, Moule). Les valeurs de production annuelle s'établissent comme suit :

- Moule : 4000 t (Mytilus edulis : 3000 t ; Mytilus galloprovincialis : 1000 t)
- Huître : 400 t (plate : 300 t ; creuse : 100 t)
- Coque : 400 t
- Coquille St-Jacques : 3000 t

Seule l'exploitation de la Coquille St-Jacques apparaît marginale dans le secteur du projet EUPHORBE, les autres espèces étant exclusivement produites dans ce secteur.

Objectifs :

- Estimation de la biomasse des stocks exploités (cheptels mytilicole et ostréicole, gisements naturels de Coques et de Moules).
- Concernant la Coque : estimation des captures réalisées par la pêche et de la prédation exercée par l'avifaune.

Approche scientifique :

L'approche sera adaptée aux particularités de chaque espèce.

Coquille St-Jacques : l'essentiel du gisement étant situé au nord de la zone-atelier, la Coquille ne sera considéré que comme une composante des peuplements naturels ; elle ne fera pas l'objet d'une étude particulière dans le cadre du programme, le stock étant par ailleurs suivi par DRV/RH.

Coque :

- Les limites du gisement seront précisées ; les valeurs extrêmes de la biomasse seront estimées à l'automne (après recrutement, avant pêche et mortalités hivernales) et au printemps.
- Suivi et contrôle de la pêche avec l'appui de DRV/CSRU.
- Evaluation de la prédation par les limicoles, principalement l'Huître-pie (cf. fiche "Prédation par l'avifaune des Bivalves intertidaux").

Moule :

. Moule cultivée (Mytilus edulis + M. galloprovincialis) :
- estimation de la biomasse sur bouchots au moment du maximum de charge (avril-mai), ainsi qu'au moment du minimum (septembre),

. Moule sauvage (M. galloprovincialis)
- quantification des gisements implantés à la côte et sur les rochers du large qui font l'objet d'une pêche professionnelle.

Huître :

L'ostréiculture à l'état de veille ces dernières années dans le secteur de Binic semble se réactiver ; aussi est-il envisagé de statuer sur l'état actuel du cheptel par une enquête de pêche.

Résultats attendus :

Etendue des variations de la biomasse des principaux bivalves exploités dans la zone-atelier.

Fiche n° 6 : PREDATION PAR LES LIMICOLES DE LA MACROFAUNE INTERTIDALE

Investigateur : Jean-Pierre ANNEZO

En baie de St-Brieuc, des concentrations importantes d'Oiseaux marins, d'Anatidés et de Limicoles sont observées chaque année principalement en période hivernale, classant ce site parmi les milieux les plus riches du littoral français. Ces concentrations hivernales d'Oiseaux amènent à considérer que la prédation qu'ils exercent sur le système benthique ne peut être négligée. L'étude concerne les Limicoles les mieux représentés (Bécasseaux, Courlis, Barges ...), une attention particulière étant accordée à la prédation exercée par l'Huîtrier-pie sur la Coque.

Objectif :

- L'objectif général est celui de l'évaluation de la part de la production secondaire benthique utilisée directement par le niveau trophique "Oiseaux". Les moyens affectés à ce volet du programme ne permettront cependant de quantifier de manière assez précise que le rôle de l'Huîtrier-pie, celui des autres espèces ne pouvant faire l'objet que d'une appréciation essentiellement qualitative.

Approche scientifique :

- Observations in situ :
 - . Analyse du cycle annuel d'abondance des Anatidés et Limicoles qui se nourrissent sur les estrans meubles.
 - . Détermination des zones de nourrissage (domaine intertidal) des principales espèces de Limicoles.
 - . Observation des rythmes et comportements alimentaires.
- Recherche bibliographique :
 - . Examen des recensements publiés dans les revues locales (SEPNB, Ar Vran 22), régionales (Ar Vran) et nationales (BIROE).
 - . Collecte auprès des ornithologues locaux d'informations non publiées.
 - . Recherche documentaire sur le régime alimentaire des principales espèces reconnues dans la zone-atelier.

Résultats attendus :

- Présentation du paysage ornithologique de la Baie.
- Estimation de la biomasse de Coques prélevée annuellement par l'Huîtrier-pie.
- Relations entre la distribution spatiale des aires de nourrissage des Limicoles et celle des communautés benthiques.

**Fiche n° 7 : METABOLISME BENTHIQUE (respiration et excrétion)
ET REGENERATION DES SELS NUTRITIFS - APPROCHE IN SITU**

Investigateurs principaux : Yves MONBET - Patrick GENTIEU

Objectifs :

- Mesurer les flux des principaux sels nutritifs (ammonium, nitrites, nitrates, phosphates) entre les sédiments et l'eau, et corrélérer ces flux à la consommation d'oxygène du sédiment.

- Mesurer le métabolisme respiratoire du compartiment benthique.

Ces opérations de terrain seront conduites pour chaque type de biotope, i.e. en des stations expérimentales représentatives des principaux ensembles biosédimentaires de la baie.

Approche scientifique :

Mesures des flux

Détermination in situ (stations expérimentales) à l'aide de cloches et de diffusiomètres. La fréquence d'échantillonnage sera modulée selon la saison : trimestrielle en période hivernale et mensuelle en période estivale.

Métabolisme

Le métabolisme respiratoire du compartiment benthique sera mesuré aux stations expérimentales par l'installation in situ de cloches permettant de mesurer la consommation d'oxygène par le sédiment. Une bouteille de contrôle (DBO) sera également incubée dans la colonne d'eau à une profondeur identique. Fréquence d'échantillonnage mensuelle en été, moins serrée le reste du temps.

Résultats attendus :

L'intensité du métabolisme benthique et le taux de régénération des nutriments indiquent le degré d'interaction entre le benthos et la colonne d'eau. Ils fournissent en outre les données de base pour l'élaboration du bilan et la calibration du modèle de transferts d'énergie dans le réseau trophique benthique.

Fiche n° 8 : METABOLISME BENTHIQUE - APPROCHE IN VITRO

Investigateur : Michel BLANCHARD

Objectifs :

Estimer, pour les principales espèces de bivalves filtreurs de la zone-atelier, les termes du bilan énergétique : énergie consommée, production (i.e., gain brut en énergie), pertes par respiration, par rejets solides (fèces, pseudofèces) et par excrétion dissoute.

Approche scientifique :

- Formation ; mise à jour des connaissances et acquisition de la compétence technique :

. Cours et stages au laboratoire de Zoologie et Pollutions marines de l'Université de Bretagne Occidentale (responsable : Pr. A. LUCAS) en octobre 1986 et en octobre 1987.

. Stage au LEC (Laboratoire Ecosystèmes Conchylicoles, IFREMER/DRV/RA La Tremblade) en février 1987.

. Mission auprès de divers laboratoires danois en septembre 1987.

- Equipement de l'unité expérimentale : une partie de l'année 1987 sera consacrée à l'aménagement de la salle thermostatée affectée à l'équipe, avec le concours de N. CORTES et J.-D. GAFFET (DERO/EL) dans le domaine de l'électronique. Ainsi :

. Acquisition de capteurs photosensibles et montage d'un dispositif permettant d'évaluer la filtration par la méthode de Winter.

. Acquisition d'une sonde polarographique de haute sensibilité pour l'enregistrement de la concentration en oxygène (mesure de l'activité respiratoire).

Les autres mesures qu'il est prévu d'effectuer (azote ammoniacal excrété, matière organique mesurée au CHN sur aliment, fèces et pseudofèces) ne nécessitent que l'achat de "consommable".

- Les expériences seront conduites in vitro sur des animaux récoltés mensuellement en baie de St-Brieuc ; elles débuteront en 1988 et s'achèveront en 1989, de manière à "couvrir" un cycle annuel.

Résultats attendus :

Quantification de la résultante (flux entrant et sortant au niveau individuel pour les principales espèces) des processus physiologiques, en vue de l'élaboration du modèle du réseau trophique benthique. Transposition des termes du bilan énergétique au niveau de la population, puis des compartiments du système benthique.

Fiche n° 9 : CONCENTRATION DU SEDIMENT EN SELS NUTRITIFS

Investigateur principal : Patrick GENTIEU
Collaboration Equipe Ecologie pélagique

Objectifs :

- Mesurer les concentrations en nitrates, nitrites et phosphates dans l'eau interstitielle des sédiments.
- Déterminer la quantité totale de sels nutritifs échangeables.
- Evaluer les gradients verticaux de concentration dans le sédiment, les taux de relargage et les modifications de la teneur en fonction du temps.
- Identifier les principaux processus liés au recyclage des éléments nutritifs dans le sédiment.

Approche scientifique :

Les prélèvements seront effectués au carottier en une vingtaine de stations, pour moitié en zone intertidale et pour moitié en zone subtidale.

Paramètres mesurés :

- carbone et azote,
- ammonium, nitrites, nitrates,
- phosphore,

N.B. : Ce volet du programme est effectué en liaison avec l'étude des effets de la déphosphatation des stations d'épuration des communes riveraines de la baie de St-Brieuc ; à l'échéance d'un contrat conclu avec le Conseil Général des Côtes du Nord sera publié un rapport concernant les phosphates.

Résultats attendus :

- Cartographie des éléments nutritifs.
- Mise en évidence d'un éventuel cycle saisonnier.
- Quantification des flux et de la vitesse de déplétion des stocks sédimentaires.

Fiche 10 : SEDIMENTATION DE LA MATIERE ORGANIQUE SUR LE FOND

Investigateur : Pierre CHARDY

Objectifs :

Estimer le flux annuel de matière organique détritique déposé sur le fond par sédimentation. Distinguer la source autochtone (plancton, biodéposition d'organismes en place) de la source allochtone (matière organique d'origine marine produite à l'extérieur de la zone d'étude et apports terrigènes). Différencier les processus de "sédimentation nette" et de "remise en suspension", principale difficulté dans le domaine côtier.

Approche scientifique :

La démarche consiste à mesurer simultanément en chaque station expérimentale du domaine subtidal le flux brut de matière organique (matériel sédimenté dans des trappes) et la teneur en matière organique de la colonne d'eau (MES).

Quatre sorties sont programmées (avril, mai, septembre, novembre 1988), de manière à obtenir des mesures à des périodes caractéristiques du cycle annuel : blooms phytoplanctoniques, situation hors-bloom, conditions de crue et d'étiage. Le taux de matière organique dans le sédiment étant mesuré par ailleurs (cf. sédimentologie), l'ensemble de ces informations permettra de déduire, pour chaque campagne :

- le flux net de matériel sédimenté en chaque station,
- le taux de resuspension.

Le flux brut de matériel sédimenté sera estimé à l'aide de trappes à sédiment conçues pour fonctionner efficacement dans une zone côtière à fort hydrodynamisme. En particulier, le cylindre sera équipé d'une fermeture automatique à temps programmable et le rapport "Hauteur-Diamètre" sera très supérieur à 5. Le temps d'immersion des trappes ne dépassera pas 24 heures afin de minimiser les biais introduits par la décomposition de la matière organique piégée.

Le matériel particulaire en suspension sera récolté au rythme d'un prélèvement toutes les quatre heures, pendant la durée de l'immersion des trappes, à l'aide de rosettes de 6 bouteilles Niskin à fermeture programmable.

Les paramètres suivants seront mesurés dans les MES et dans le matériel piégé à chaque sortie :

- poids sec, (après passage à l'étuve à 60° pendant 48 h),
- poids sec sans cendre (après combustion à 500° pendant 48 h),
- C organique, N organique (analyseur CHN, après passage à l'HCl),
- Chlorophylle et phéopigments (spectrophotomètre).

Pour chacun des paramètres, 8 échantillons (6 MES + 2 trappes) seront prélevés par campagne et par station.

Résultats attendus :

Transfert de matière organique provenant du système pélagique vers le système benthique en g. C.m²/jour. Relation avec le stock de matière organique en suspension dans la colonne d'eau. Importance du phénomène de remise en suspension en pourcentage du flux net. Part de la production phytoplanctonique locale dans le transfert considéré.

Ces résultats seront intégrés dans le bilan annuel de matière et d'énergie du système benthique.

Fiche n° 11 : DEGRADATION DE LA MATIERE ORGANIQUE

Investigateurs principaux : Geneviève ARZUL - Pierre CHARDY

Objectif :

Caractériser au niveau du sédiment le taux de minéralisation de la matière organique particulaire et ses variations saisonnières.

Approche scientifique :

L'accent sera mis sur la mesure des taux de minéralisation et sur les facteurs qui contrôlent la dégradation de la matière organique dans les sédiments.

Les taux de minéralisation du carbone organique dans le sédiment seront déterminés en fonction de la température, la salinité, la granulométrie et des processus biologiques en différents points de la baie. Les processus biologiques feront l'objet d'études de terrain et surtout de laboratoire sur les bactéries (dégradation), la méiofaune (ingestion) et les invertébrés responsables de la bioturbation (enfouissement, remise en suspension).

Résultats attendus :

- Evaluation de la vitesse de minéralisation de la matière organique.

- Quantification approchée du rendement énergétique du transfert matière organique -> biomasse bactérienne, cette dernière constituant une source trophique privilégiée pour le macrobenthos détritivore.

Fiche n° 12 : COUPLAGE PELAGOS-BENTHOS - MODELISATION DU SYSTEME BENTHIQUE

Investigateur principal : Philippe GROS
Collaboration Equipes Ecologie Pélagique et Ecohydrodynamique

Objectifs :

- Elaboration d'un modèle numérique déterministe du fonctionnement trophodynamique du système benthique.

- Articulation de ce modèle avec celui de la production primaire pélagique, mis au point dans le cadre du programme "Prolifération des Ulves".

Approche scientifique :

(i) Définition de l'architecture du modèle conceptuel :

- Outre les variables externes usuellement considérées dans la modélisation d'écosystème (température, éclaircissement ...), les besoins spécifiques du projet conduiront à déterminer le profil de la variation saisonnière des fonctions forçantes suivantes : apports telluriques (fiche n° 1) et en provenance du large (fiche n° 2), cheptel mytilicole (fiche n° 5).

- Identification des variables d'état : groupes trophiques zoobenthiques (estimation de la biomasse de chaque "compartiment" par type de biotope, fiche n° 4), compartiment détritique (fiche n° 11), éléments nutritifs (fiche n° 9).

- Reconnaissance de la structuration spatiale de l'écosystème benthique de la zone-atelier, en s'appuyant spécialement sur la répartition des unités biosédimentaires (fiches n° 3 et n° 4).

(ii) Etude expérimentale de processus, afin de préciser les mécanismes qui régissent la transformation (e.g., métabolisme) et les échanges (e.g. relations interspécifiques, processus physiques) de matière et d'énergie dans le système benthique :

- Evaluation des termes du bilan énergétique des principaux Mollusques filtreurs (fiche n° 8).

- Quantification des flux verticaux dans la colonne d'eau (fiche n° 10), des échanges entre celle-ci et le fond (fiches n° 7 et n° 9), des échanges latéraux à la frontière avec le large (fiche n° 3).

- Evaluation de certaines fractions "exportées" de la production secondaire : prédation par les Limicoles (fiche n° 6), exploitation de la ressource "Mollusques" (fiche n° 5).

(iii) Formalisation mathématique et simulations :

- L'évolution de chaque variable d'état considérée sera décrite par un sous-modèle calé sur les résultats issus des précédentes étapes (e.g. : sous-modèle "filtreurs").

- Un modèle temporel sera ensuite réalisé par type de biotope, calibré d'après les données obtenues aux stations expérimentales représentatives des grandes unités constitutives de la zone-atelier.

- Le dernier niveau d'intégration envisagé est celui de la spatialisation du modèle : la partie méridionale de la baie sera discrétisée en quelques "boîtes", dont la dimension sera déterminée d'après le lien établi entre les échelles de temps et d'espace par la prise en compte des processus physiques (compatibilité de l'extension d'une boîte avec l'amplitude de la résiduelle lagrangienne correspondant à un pas de temps).

La phase (iii) de l'approche qui vient d'être exposée bénéficiera :

- des résultats déjà acquis par l'Equipe "Ecohydrodynamique" du département en matière de modélisation numérique des phénomènes d'advection-dispersion dans la baie de St-Brieuc ;

- de l'implantation sur station de travail (SUN/UNIX) du progiciel ELISE*, en l'état actuel essentiellement conçu pour la modélisation de la production primaire, et auquel sera couplé le modèle "benthos" qui sera développé dans le cadre du projet EUPHORBE.

Résultats attendus :

- Hiérarchisation des processus assurant le recyclage des éléments nutritifs et de la matière organique dans la baie de St-Brieuc.

- Evaluation prévisionnelle des effets engendrés par une modification des apports en provenance des bassins versants.

- Caractérisation des modalités du couplage entre zoobenthos et producteurs primaires dans un écosystème côtier soumis à eutrophisation.

*Ensemble de Logiciels Interactifs pour la Simulation d'Ecosystème, écrit par A. MENESGUEN (DERO/EL).

SECONDE PARTIE :

COMPTES RENDUS DES MISSIONS EUPHORBE 1 à EUPHORBE 6

COMPTE RENDU DE LA MISSION EUPHORBE 1**(27 février au 03 mars 1987)****INTRODUCTION**

Le but du programme EUPHORBE (Eutrophisation & PHénomènes d'Origine Benthique) est d'obtenir une quantification du rôle des peuplements benthiques dans le réseau trophique de l'écosystème littoral de la baie de St-Brieuc. L'étude nécessite un inventaire préalable de ces peuplements, tant exondables que non exondables. La mission EUPHORBE 1 constitue la première des prospections de terrain en ce sens.

1. OBJECTIF

Inventaire quantitatif et qualitatif des peuplements benthiques intertidaux du fond de la baie de St-Brieuc, depuis la pointe du Roselier (à l'Ouest) jusqu'au débouché du chenal du port de Dahouët (à l'Est). Cette zone, d'une superficie d'environ 2600 ha, correspond globalement aux anses d'Yffiniac et de Morieux.

2. PHASE PREPARATOIRE

Il a été a priori décidé d'appliquer un plan d'échantillonnage systématique. D'un point de vue général, cette stratégie se révèle adéquate en l'absence d'information précise relative aux structures existantes dans le secteur à prospecter. A cet égard, si les connaissances antérieurement acquises (spécialement en 1980-81, au cours de l'étude d'impact de l'extension du port du Légué) ont montré qu'en première approche l'estran se présente comme un ensemble assez homogène de sables fins, elles font également apparaître des nuances dans la composition des peuplements. Il a toutefois été considéré que ces données méritaient d'être actualisées, et il n'est pas apparu judicieux de les utiliser en l'état pour stratifier le terrain d'étude.

Il est prévu de faire ultérieurement appel, pour le traitement (étude structurale, cartographie des biomasses) des données recueillies, à l'interpolateur du krigeage. Le logiciel pressenti est MAGIK (Méthode d'Application de la Géostatistique et de l'Interpolateur du Krigeage), transportable sur microordinateur, et devant être mis courant 87 à la disposition des utilisateurs par l'Atelier Informatique de l'Antenne ORSTOM de Brest.

En conséquence, le choix de l'emplacement et du nombre des stations a été effectué en tenant compte des contraintes suivantes :

. Concernant leur localisation :

- aux noeuds d'un réseau relativement régulier (i.e., sans lacunes ni zones "suréchantillonnées") recouvrant la totalité de l'estran ;

- et en évitant de se placer dans les "filières", i.e. les chenaux d'écoulement sur l'estran des rivières qui se déversent dans la baie (Légué, Urne, Gouessant, cf. figure E1-1) ; pour cela a été utilisée une couverture photographique aérienne (échelle approximative 1/10 000) effectuée en 1986 pour les besoins du programme "Prolifération des Ulves".

. Concernant leur nombre :

- l'effort d'échantillonnage à allouer au fond de la baie doit être perçu relativement à celui consacré à l'ensemble de celle-ci, qui inclut aussi, outre les estrans occidentaux (Les Rosaires, grèves de Binic et d'Etables) et orientaux (grèves du Val-André et d'Erquy), la partie non exondable située au Sud d'une ligne joignant les Roches de St-Quay au cap d'Erquy. Le principal facteur limitant est le temps de dépouillement des échantillons, un moindre verrou étant le nombre de stations qu'il est possible de visiter quotidiennement. Il a été jugé raisonnable d'envisager de prospecter en milieu exondable une dizaine de stations par jour (en fait, par marée), et conformément à cela a été établi un réseau de 44 stations devant être prospecté en 4 jours (cf. figure E1-2).

1er jour : fond de l'anse d'Yffiniac, stations 1 à 11, incluant éventuellement 6+. Départ à Bout de Ville, retour au Vallet.

2nd jour : partie Nord de l'anse d'Yffiniac, stations 12 à 22. Départ à St-Laurent, retour à la plage de Bon-Abri.

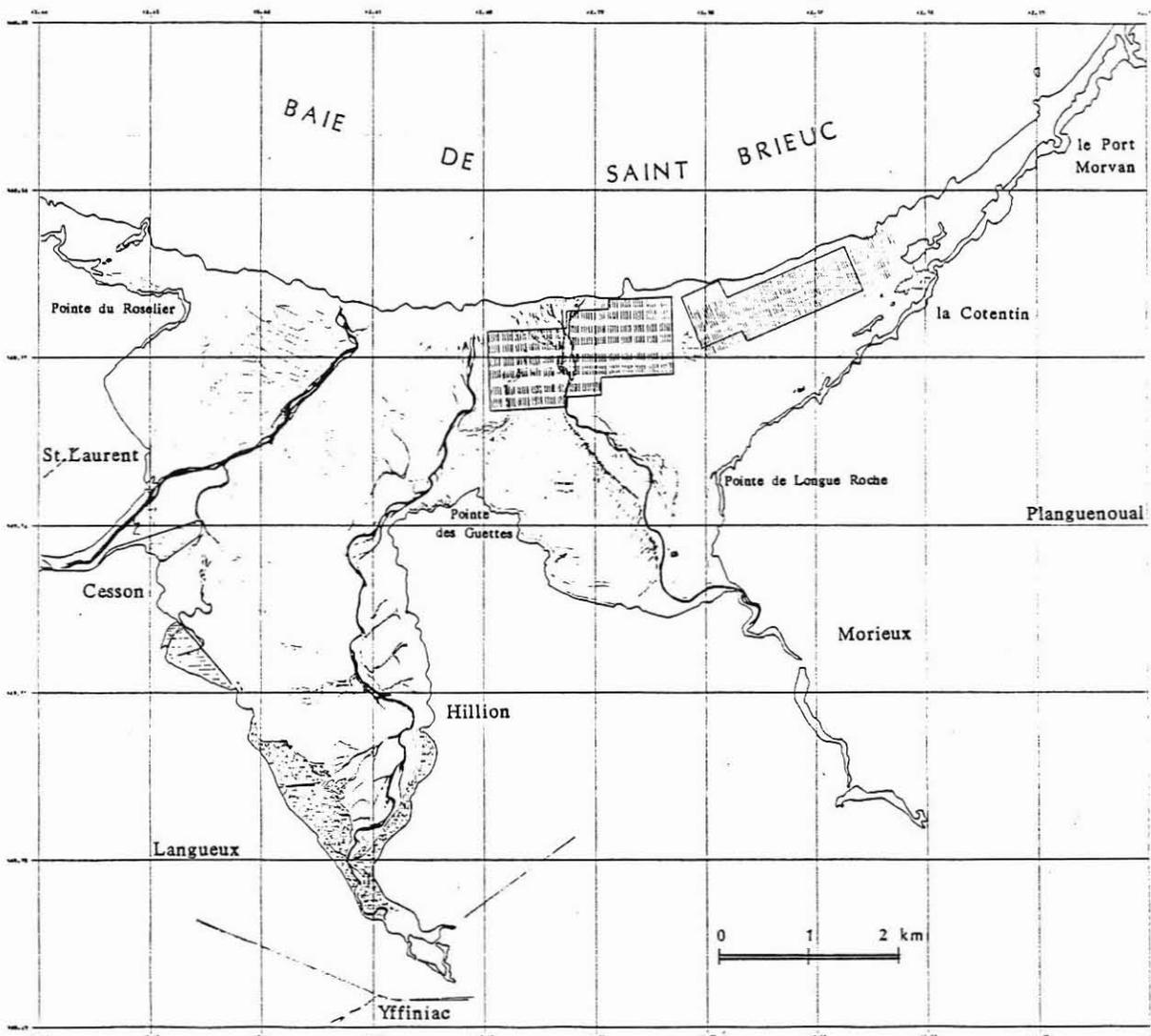


Figure E1-1 : Emplacement des filières sur l'estran en septembre 1986 ;
 d'ouest en est : filière du Légué, filière de l'Urne (anse d'Yffiniac) ;
 la filière du Guessant traverse l'anse de Morieux avant d'atteindre
 les bouchots des concessions mytilicoles du plan A.

3ème jour : partie occidentale de l'anse de Morieux, incluant les bouchots à moules du plan A (i.e., le plus à l'Ouest); stations 23 à 33. Départ et retour à la plage de Bon-Abri.

4ème jour : Partie orientale de l'anse de Morieux, y compris les bouchots des plans B et C ; stations 34 à 44. Départ à la plage de St-Maurice, retour à Jospinet.

En chaque station doivent être réalisées les opérations suivantes:

- un carottage de 30 x 6 cm (granulométrie, niveau d'apparition de la zone réduite, teneur en carbonates) ;
- 4 prélèvements au carottier à main de 1/32 m² chacun, tamisés sur maille ronde de 1 mm, pour l'analyse de l'endofaune ;
- 4 grattages superficiels (i.e., les 5 à 10 premiers cm) de 1/4 m² chacun pour la collecte de la macrofaune (spécialement les Bivalves). Cette seconde échelle d'observation est en effet reconnue mieux adaptée que la précédente aux estimations d'abondance de cette catégorie ;
- une dizaine de quadrats de 1 m² chacun, à l'intérieur desquels sont dénombrés les boudins alimentaires rejetés par Arenicola marina ;
- 2 à 3 photographies (aspect superficiel du sédiment, vue d'ensemble du site).

Par ailleurs, à la demande de l'Equipe "Ecologie Pélagique", quelques stations seront l'objet de prélèvements de sédiment superficiel en vue d'analyse chimique (sels nutritifs échangeables).

3. EXECUTION

La mission s'est déroulée du vendredi 27/02/87 au mardi 03/03/87, le choix des dates étant gouverné par la valeur du coefficient de marée. Toutes les stations qu'il était prévu de visiter l'ont été (sauf une), de façon globalement conforme au calendrier préétabli.

3.1. Personnel impliqué

BLANCHARD Michel - DREVES Luc - GROS Philippe - HAMON Dominique - MONBET Yves.

3.2. Matériel

- Prélèvements : équipement classique.

- Moyen de déplacement sur l'estran : véhicule PONCIN VP 2000 à 6 roues motrices, tractant une remorque.

- Repérage des stations : deux systèmes de positionnement ont été conjointement utilisés :

. le système optique AGA, déjà éprouvé antérieurement à l'occasion des études menées dans le golfe normand-breton,

. le système de radionavigation RANA, dont un récepteur venait d'être acquis par GENAVIR en vue d'être installé sur le N/O THALIA. Outre son faible encombrement (l'électronique et les batteries d'alimentation n'occupent que la place du passager dans la cabine du PONCIN), ce système présente sur le précédent l'avantage de ne pas nécessiter l'immobilisation d'une personne sur un point de visée. L'affichage fournit en temps réel les coordonnées géographiques en degrés, minutes, dixièmes et centièmes de minute, ainsi qu'un paramètre de contrôle de la qualité de la réception (et donc de la précision du positionnement).

Incidentement, la mission EUPHORBE 1 aura donc offert l'opportunité d'une comparaison entre les deux systèmes. Les résultats de ces mesures simultanées apparaissent au tableau E1-I, et les positions effectives des stations à la figure E1-2. La différence entre le "point AGA" et le "point RANA" correspond à une distance d'en moyenne 80 mètres.

3.3. Chronologie

- 27 février (coef. 95) : l'accès à la station 1 depuis l'exploitation de "tangué" (mélange de sable calcaire très fin et de vase) de Bout de Ville s'est révélé impraticable ; une large part de la matinée ayant été occupée à dégager de la vase le PONCIN et sa remorque, il a été décidé, afin de ne pas perturber la planification arrêtée, de consacrer la demi-journée restante à la prospection des stations 6 à 11 :

12h40 : St. 6 ; 13h35 : St. 7 ; 14h00 : St. 8 ; 14h55 : St. 9 ;

15h30 : St. 10 ; 16h10 : St. 11.

- 28 février (coef. 104) :

11h35 : St. 12 ; 12h00 : St. 13 ; 12h30 : St. 14 ; 12h50 : St. 15;
 13h10 : St. 16 ; 13h35 : St. 17 ; 13h50 : St. 18 ; 14h20 : St. 19;
 15h00 : St. 20 ; 15h30 : St. 21 ; 16h00 : St. 22.

- 01 mars (coef. 107) : la mer n'étant pas suffisamment retirée à l'heure du début des prélèvements, le cheminement de station à station a de ce fait été modifié.

11h05 : St. 23 ; 11h40 : St. 33 ; 12h10 : St. 32 ; 12h50 : St. 31;
 13h20 : St. 24 ; 13h40 : St. 25 ; 13h55 : St. 26 ; 14h15 : St. 27;
 14h50 : St. 28 ; 15h20 : St. 29 ; 16h00 : St. 30.

Puis un retour sur la station 32 pour une nouvelle estimation de densité d'Arenicola marina (cf. Conclusions).

- 02 mars (coef. 104)

12h20 : St. 34 ; 12h50 : St. 35 ; 13h15 : St. 36 ; 13h30 : St. 37;
 13h55 : St. 38 ; 14h15 : St. 39 ; 14h40 : St. 40 ; 15h00 : St. 41;
 15h35 : St. 43 ; 16h10 : St. 39+ ; 16h25 : St. 44.

Remarque : la station 42 (devant le Port Morvan) a été abandonnée, car il n'était pas assuré de pouvoir effectuer sans risque le trajet entre les stations 42 et 43 à marée montante. D'autant que la circulation dans le plan C est délicate, les allées étant par endroits barrées par des lignes de bou-chots. En contrepartie, une station (39+) a été ajoutée dans le plan B (cf. figure E1-2).

- 03 mars (coef. 94)

Cette journée a été consacrée :

. au "rattrapage" des stations n'ayant pu être visitées le 27/02 ;

. et à un échantillonnage plus serré devant le remblai de la décharge de la grève des Courses. En effet, après fermeture de la décharge, le site serait aménagé en centre de loisir, et la DDE envisage de solliciter

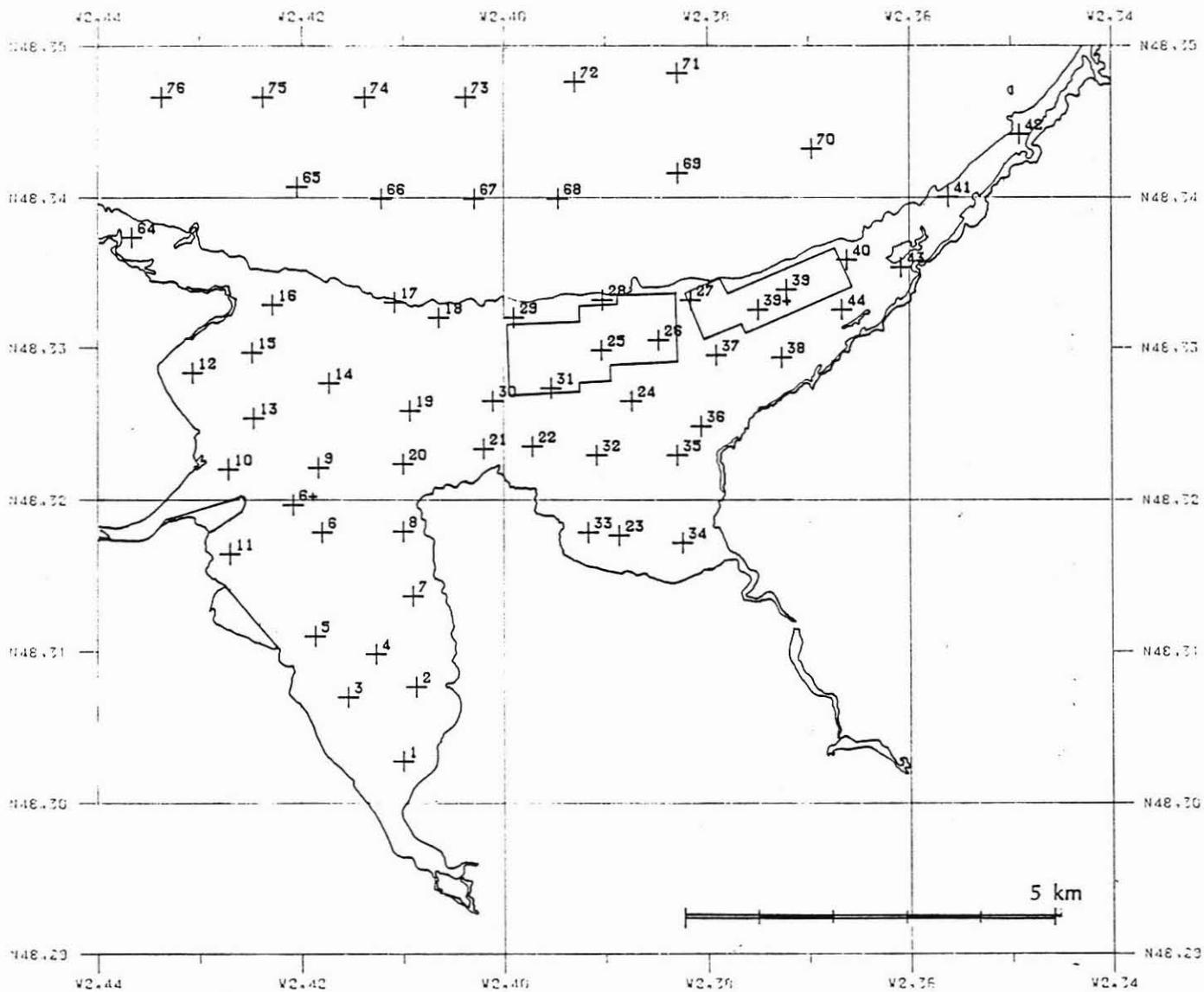


Figure E1-2 : Localisation des stations intertidales 1 à 41 prospectées au cours de la mission EUPHORBE 1.

la participation de l'IFREMER à l'étude d'impact. Sans aucunement préjuger de l'accueil qui sera réservé à cette demande, il a été considéré que le fait de disposer de quelques heures sur la zone pouvait être utilement mis à profit pour une première reconnaissance.

Donc, après accès par le Vallet :

12h30 : St. 5 ; 12h55 : St. 3 ; 13h40 : St. 1 ; 14h10 : St. 2 ;

14h30 : St. 4 ; 15h05 : St. 6+.

Ensuite furent effectuées (en vue d'une éventuelle étude d'impact) 3 stations parallèlement au remblai de la grève des Courses et distantes de 50 m de celui-ci, complétées de 3 autres à une distance de 100 m. Il n'y eut pas de carottages sur ces stations.

CONCLUSIONS

Ces conclusions immédiates ne concerneront que des aspects pratiques .

- Les déplacements dans l'ensemble du secteur ne présentent en général aucune difficulté ; les filières de l'Urne et du Légue se franchissent aisément. En revanche, la filière du Gouessant doit être abordée avec prudence, y compris au niveau des basses mers où elle s'étale dans le plan A. De ce point de vue, le cheminement du 1er mars (2 traversées de cette filière) n'est pas optimal.

- La précision fournie par le système RANA est bien adaptée à l'échelle d'observation de la zone. Aux avantages notés au §3.2., il faut ajouter qu'il peut être employé quand les conditions météorologiques n'autorisent plus le repérage "optique". Il faut cependant rappeler que le système AGA, plus précis, peut délivrer 3 coordonnées (x, y et z), alors que RANA donne x et y, mais pas la cote.

- Plusieurs stations ont été visitées en suivant de trop près le jusant pour pouvoir estimer correctement les densités d'Arenicola marina (pas de boudins de sables visibles). Le 1er mars, le retour en fin de journée sur la station 32 (visitée ca. 4 h auparavant) a montré que l'erreur

commise était de l'ordre d'un facteur 10 dans le sens de la sous-estimation. Par conséquent, la première demi-journée (15/03/87) de la mission EUPHORBE 2 sera exclusivement dévolue à une nouvelle évaluation des densités de l'espèce dans l'anse de Morieux.

- Il apparaît dès à présent des particularités locales qui mériteront une attention plus spécifique : le secteur des bouchots d'une part, le gisement de Coques de l'anse d'Yffiniac d'autre part. S'agissant là de ressources exploitées, les archives du contrôle des mises à terre contiennent des chroniques de production ; l'aide de Michel ROUGERIE (DRV/CSRU Hillion) sera donc sollicitée pour accéder à cette information. Il convient par ailleurs de continuer à entretenir de bonnes relations avec les exploitants mytilicoles, qui nous ont déjà apporté un appréciable soutien lors de cette première mission.

Equipe Ecologie Benthique, Zoobenthos
IFREMER/DERO/EL

Le 11 mars 1987

EUPHORBE 1 - MISSION DU 27/02 au 3/03/1987

POSITION DES STATIONS

N° de la station	AGA		RANA (EUROPE 50)		RANA (N.T.F.)	
LACAGE						
1 Vo : Clocher Hillion	36°01'30	1935,9	48°30'95	2°40'95	48°30'25	2°40'98
2 "	7°52'00	1779,0	48°30'81	2°40'85	48°30'76	2°40'88
3 "	18°40'00	981,5	48°30'74	2°41'49	48°30'69	2°41'52
4 "	350°18'50	1295,8	48°31'06	2°41'35	48°30'93	2°41'38
5 "	320°30'00	701,3	48°31'15	2°41'83	48°31'10	2°41'86
6 "	291°38'00	1828,7	48°31'81	2°41'86	48°31'89	2°41'89
7 "	333°05'00	1985,6	48°31'39	2°40'92	48°31'34	2°40'95
8 "	314°28'30	2387,3	48°31'82	2°40'90	48°31'77	2°40'93
9 "	285°00'00	2585,5	48°32'22	2°41'75	48°32'17	2°41'78
10 "	259°35'00	2552,0	48°32'21	2°42'69	48°32'16	2°42'72
11 "	253°20'00	1506,0	48°31'68	2°42'63	48°31'63	2°42'66
6+ "	281°07'00	2083,2	48°31'97	2°42'01	48°31'92	2°42'04
"	266°54'00	2196,0	48°32'06	2°42'38	48°32'01	2°42'41
ST-LAURENT						
12 Vo : Trahillion	305°40'00	499,1	-	-	-	-
13 "	21°18'00	958,0	48°32'53	2°42'33	48°32'48	2°42'36
14 "	4°57'10	1849,0	48°32'76	2°41'62	48°32'71	2°41'65
15 "	334°48'00	1159,7	48°33'04	2°42'43	48°32'99	2°42'46
16 "	326°36'00	1710,0	48°33'34	2°42'25	48°33'29	2°42'28
17 "	347°12'00	2936,0	48°33'35	2°41'10	48°33'30	2°41'13
18 "	355°13'30	3339,5	48°33'27	2°40'61	48°33'22	2°40'64
19 "	15°00'00	2792,0	48°32'66	2°40'88	48°32'61	2°40'91
20 "	29°06'00	2774,0	48°32'23	2°40'90	48°32'18	2°40'93
21 "	22°20'00	3718,0	48°32'34	2°40'11	48°32'29	2°40'14
22 "	21°10'00	4295,0	48°32'35	2°39'62	48°32'30	2°39'65
"						
POINTE DES GUETTES						
23 Vo : Trahillion	70°43'00	1668,4	48°31'87	2°38'69	48°31'82	2°38'72
24 "	19°32'50	1876,8	48°32'65	2°38'68	48°32'60	2°38'71
25 "	359°24'25	2057,3	48°33'07	2°38'96	48°33'02	2°38'99
26 "	9°47'00	2600,3	48°33'10	2°38'45	48°33'05	2°38'48
27 "	7°26'00	3199,6	48°33'35	2°38'13	48°33'30	2°38'16
28 "	350°52'50	2584,3	48°33'39	2°38'96	48°33'34	2°38'99
29 "	326°37'50	2010,1	48°33'27	2°39'88	48°33'22	2°39'85
30 "	317°58'00	1002,6	48°32'70	2°40'00	48°32'65	2°39'97
31 "	350°06'25	1324,8	48°32'84	2°39'06	48°32'79	2°39'03
32 "	35°02'00	1232,6	48°32'33	2°38'95	48°32'28	2°38'98
33 "	-	-	48°32'06	2°39'20	48°32'01	2°39'23
34 "	70°05'00	2333,5	48°31'76	2°38'18	48°31'71	2°38'21
35 "	43°34'00	2111,4	48°32'32	2°38'20	48°32'27	2°38'23
36 "	35°49'00	2507,2	48°32'56	2°38'02	48°32'51	2°38'05
37 "	22°37'00	2957,3	48°32'95	2°37'90	48°32'90	2°37'93
38 "	27°34'20	3723,4	48°32'98	2°37'27	48°32'93	2°37'30
39 "	17°30'00	4198,3	48°33'44	2°37'17	48°33'39	2°37'20
"						
LE COTENTIN						
40 Vo : Trahillion	-	-	48°33'63	2°36'63	48°33'58	2°36'66
41 "	109°56'50	863,0	48°34'03	2°35'61	48°33'98	2°35'64
43 "	355°27'00	348,1	48°33'56	2°36'09	48°33'51	2°36'12
44 "	334°17'00	1186,0	48°33'28	2°36'65	48°33'23	2°36'68
39+ "	347°22'50	2144,8	48°33'28	2°37'47	48°33'23	2°37'50

COMPTÉ RENDU DE LA MISSION EUPHORBE 2

(15-18 mars 1987)

INTRODUCTION

Cette mission constitue le complément de la reconnaissance des peuplements intertidaux entreprise lors de la mission EUPHORBE 1. Les aspects méthodologiques ne seront donc pas évoqués ici, la démarche ayant été identique à celle exposée dans le compte rendu de cette précédente mission.

1. OBJECTIF

Inventaire quantitatif et qualitatif des peuplements benthiques exondables des bordures Est (du Val-André à Caroual, figure E2-1) et Ouest (de la pointe du Roselier à la grève du Moulin, fig. E2-2) de la baie de St-Brieuc. Il restait par ailleurs à combler quelques lacunes de la mission EUPHORBE 1 (dénombrements d'Arénicoles, prospection de la station 42).

2. PLANIFICATION

1er jour : Reconnaissance des accès aux plages des Rosaires, de Binic, des Godelins. Puis estimation de la densité d'Arenicola marina dans l'anse de Morieux.

2nd jour : Stations 45 à 49 (plages de Nantois, de la Ville Berneuf, de St-Pabu et de Caroual) ; accès et retour par le Prat ; stations 50 et 51 sur la plage du Val-André ; accès et retour devant le casino ; station 42 face au Port-Morvan.

3ème jour : Stations 52 à 59 (plages de Binic et d'Etables) ; accès par le port de Binic, retour à la grève du Moulin.

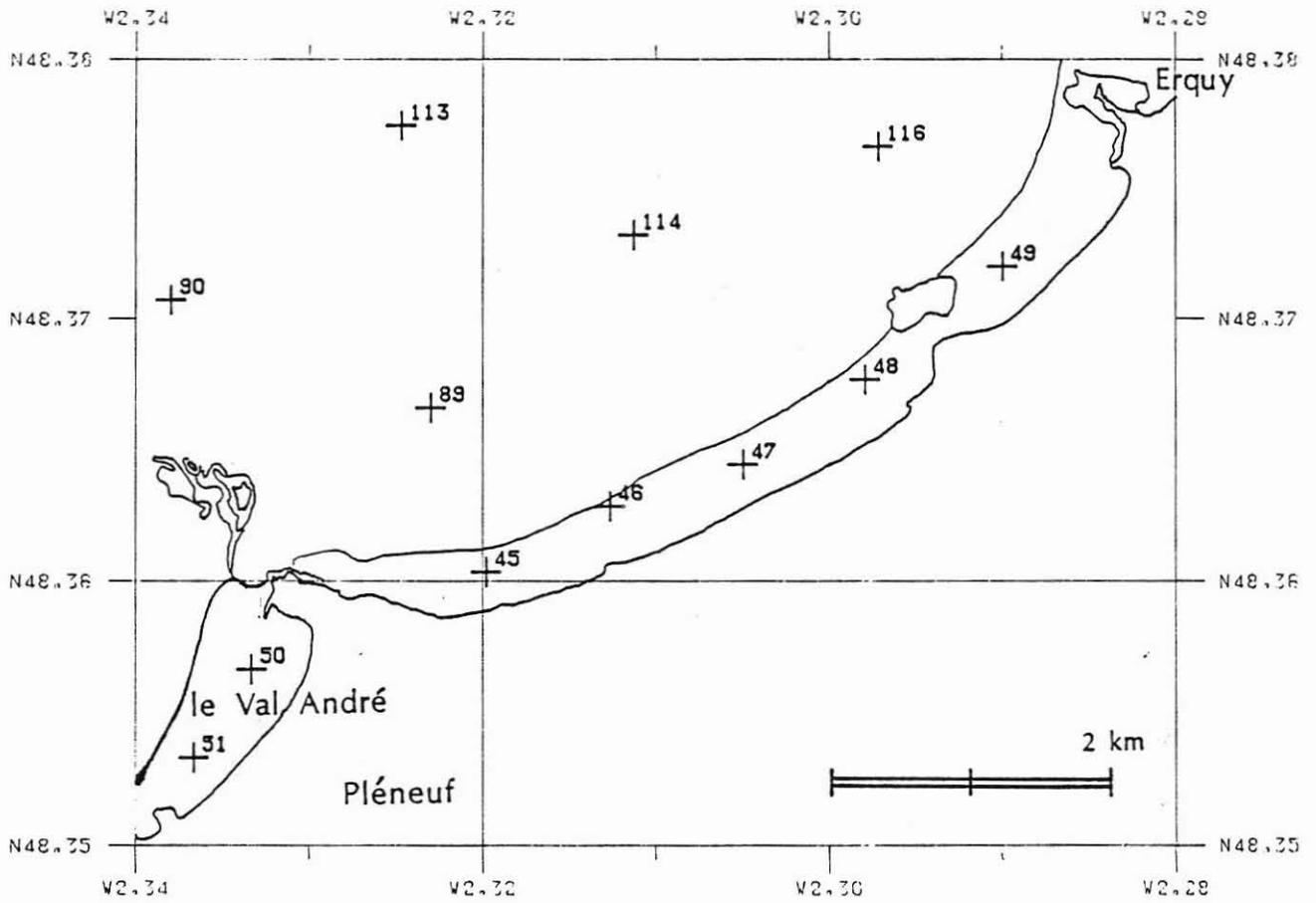


Figure E2-1 : Localisation des stations intertidales 45 à 51 échantillonnées le 16 mars 1987.

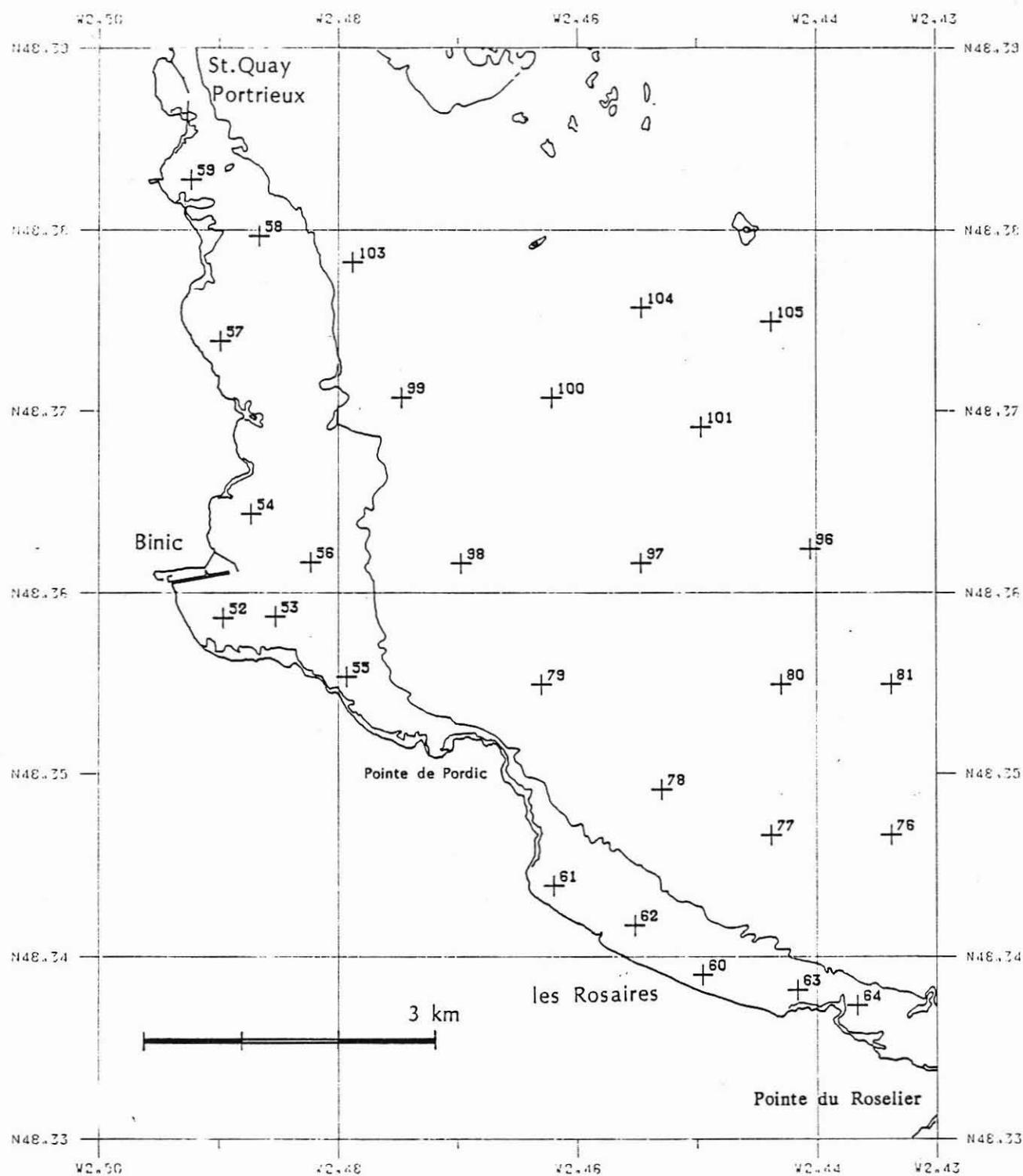


Figure E2-2 : Localisation des stations intertidales 52 à 64, échantillonnées les 17 et 18 mars 1987.

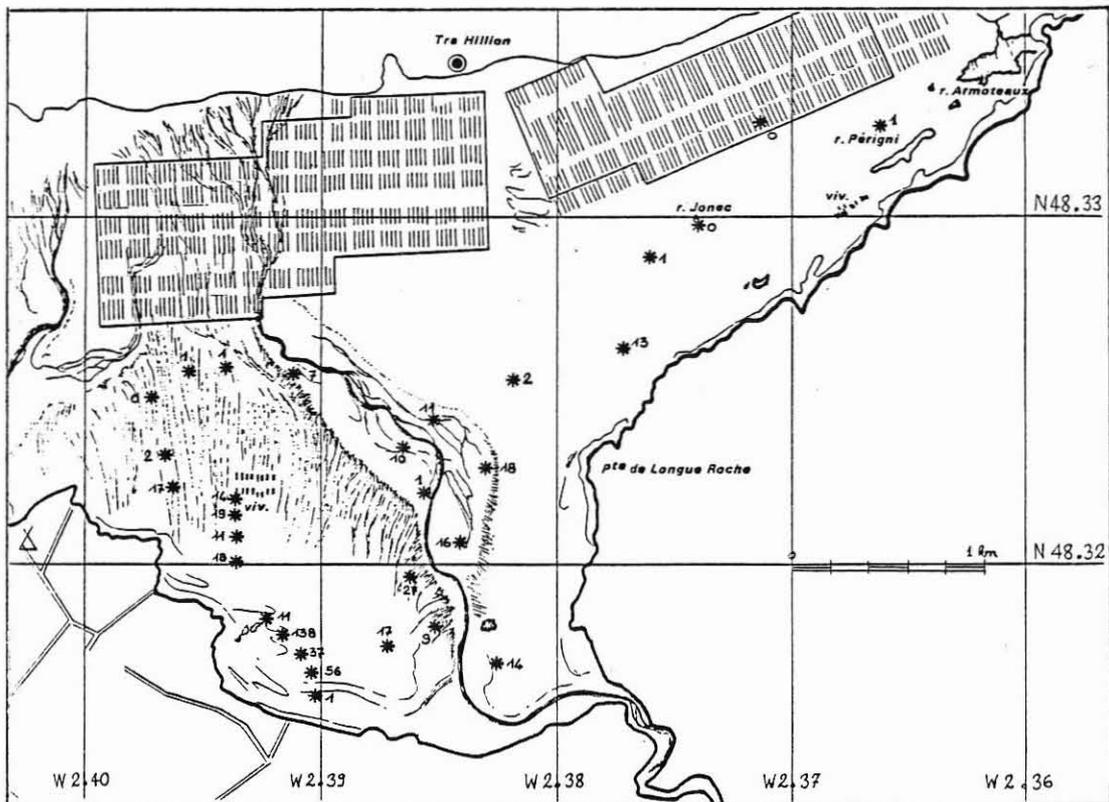


Figure E2-3 : Localisation des comptages d'*Arenicola marina* effectués le 15 mars 1987 en baie de Morieux. Pour chaque station est indiqué le nombre moyen observé d'individus par m².

4ème jour : Récolte d'Arénicoles à la plage du Vallet en fin de matinée ; après-midi : stations 60 à 64 de la grève des Rosaires ; accès et retour par la cale située sous la colonie de vacances.

L'emplacement des stations visitées les 3ème et 4ème jours a été déterminé en s'aidant d'une couverture photographique aérienne (1/25000) réalisée en septembre 1986 pour le compte de l'EPSHOM.

3. DEROULEMENT DE LA MISSION

Dates : du dimanche 15 au mercredi 18 mars 1987.

Participants : BLANCHARD Michel - DREVES Luc - GROS Philippe -
HAMON Dominique - MONBET Yves.

Echantillonnage : Protocole identique à celui adopté pour la mission EUPHORBE 1. A noter toutefois que seul le système AGA fut utilisé pour le repérage des stations.

Chronologie :

15 mars : fin de matinée consacrée à la reconnaissance des accès aux plages s'étendant entre la pointe du Roselier et St-Quay-Portrieux. Après-midi : estimation de densité d'Arenicola marina dans l'anse de Morieux (cf. fig. E2-3).

16 mars (coef. 96) :

12h15 : St. 47 ; 12h45 : St. 49 ; 13h25 : St. 48 ;

14h35 : St. 46 ; 15h05 : St. 45 ; 15h45 : St. 50 ;

16h00 : St. 51.

Remarques :

- La disposition relative des stations, telle qu'initialement prévue, a été légèrement modifiée en tenant compte du retrait de la mer : celles visitées en premier (47, 49) ont été placées à un niveau moyen, les suivantes (48, 46, 45) étant situées plus bas.

- 13h55 (ca. 20 mn avant BM) : entre les stations 46 et 47 furent effectués des dénombrements de Lanice et d'Arenicola au long d'une radiale orientée suivant le gradient topographique (comptages sur 1 m^2 tous les 3 m) depuis le bas de l'eau jusqu'à une quarantaine de mètres du pied de la falaise (limite supérieure des Arénicoles). Les positions de trois points de cette radiale ont été repérées par l'AGA : les deux extrémités et la limite de la zone de résurgence des eaux de percolation, limite qui correspond à la frontière entre les populations de Lanice et d'Arenicola. Une petite radiale (30 m environ), perpendiculaire à la précédente, complète celle-ci dans la zone à Lanice.

- Une opération similaire a été reproduite sur la plage du Val-André (radiale dans le peuplement à Arenicola marina en face du Grand-Hôtel) après échantillonnage de la station 51.

17 mars (coef. 98) :

Départ de Binic :

12h30 : St. 52 ; 13h00 : St. 53 ; 13h20 : St. 54 ;

13h45 : St. 55 ; 14h00 : St. 56 ; 14h25 : St. 57 ;

14h50 : St. 58 ; 15h55 : St. 59.

Retour à la grève du Moulin (Etables).

Remarques :

- Encore une fois, pour des raisons évidentes, le cheminement de station à station eut lieu en suivant de trop près le retrait de la mer ; d'où une vraisemblable sous-estimation de l'abondance d'Arenicola marina (St. 52), voire l'impossibilité de tenter un quelconque dénombrement en certaines stations (53, 56). Par conséquent, pour les stations recouvertes d'une pellicule d'eau de 1 à 2 cm (54, 55), les orifices des terriers plutôt que les "tortillons" furent comptés.

- Le coefficient de marée était suffisamment élevé pour faire passer sans encombre le PONCIN tractant la remorque devant la pointe de Trouquetet (trajet entre stations 56 et 57, fig. E2-2). En revanche, la hauteur d'eau était trop importante pour rejoindre directement la station 59 depuis la station 58, située sur un banc de sable entouré d'eau ; cela a imposé de se rendre par la route de la plage des Godelins à la plage du Moulin.

18 mars (coef. 95) :

Fin de matinée : récolte d'Arénicoles à la plage du Vallet (au voisinage de la station 11 d'EUPHORBE 1). Après-midi : stations de la grève des Rosaires.

13h10 : St. 60 ; 13h30 : St. 61 ; 14h15 : St. 62 ;

14h55 : St. 63 ; 15h15 : St. 64.

Remarques :

- La station 62 a été positionnée à un niveau supérieur à celui initialement prévu, du fait qu'elle fut prospectée plus d'une heure avant la basse mer.

- Un coefficient légèrement supérieur aurait été nécessaire pour passer avec le PONCIN devant la Roche des Tablettes, située sur le trajet allant de la station 63 à la station 64 (voisine de la Roche Martin). La traversée de ce secteur a permis de constater l'abondance du recrutement des Cirripèdes, dont les juvéniles métamorphosés recouvrent les rochers d'un feutrage continu ; la fixation des premiers Cypris sur les valves des Moules avait déjà été notée durant la mission EUPHORBE 1. Par ailleurs s'observent dans cette même zone (stations 63-64) des accumulations de coquilles vides de Crepidula, ainsi que les chaînes vivantes déposées sur le sable.

3. BILAN ET CONCLUSIONS

. Au plan de sa mise en pratique, le protocole d'échantillonnage a été conçu de façon réaliste : l'ensemble du réseau des stations intertidales a été couvert conformément aux prévisions. Seule la station 42, dont la position est assez excentrique par rapport à celles échantillonnées aussi bien pendant cette mission que lors de la précédente, n'a finalement pas pu être prospectée.

. Compte tenu du temps et des moyens devant être affectés à la reconnaissance préliminaire du terrain d'étude, une maille spatialement assez lâche a été retenue : les distances inter-stations sont de l'ordre du kilomètre. Lors du parcours du réseau ainsi défini, la résolution de cette échelle d'observation s'est avérée suffisante pour une appréhension globale de la zone exondable, dont la structure ne manifeste pas de complexité marquée. Les premières observations de terrain laissent au surplus inférer qu'à cette relative uniformité de faciès se superpose une typologie assez claire des peuplements benthiques. Dans l'immédiat, ces caractéristiques permettent de présumer que le temps consacré au dépouillement des échantillons ne sera pas prohibitif, et que l'étude de l'écosystème, tout au moins en milieu exondable, pourra être abordé après sélection d'un nombre limité de stations types.

Equipe Ecologie Benthique, Zoobenthos
IFREMER/DERO/EL

Le 27 mars 1987

COMPTE RENDU DES MISSIONS EUPHORBE 3
(30 mars - 03 avril 1987) et EUPHORBE 4 (22-26 juin 1987)
A BORD DU N/O THALIA

Introduction

Ces deux missions constituent le prolongement logique des prospections intertidales EUPHORBE 1 et 2, à savoir l'extension au domaine non exondable de la reconnaissance des peuplements benthiques. Les mêmes stations ayant été visitées durant EUPHORBE 3 et EUPHORBE 4, ces deux opérations font ici l'objet d'un compte rendu commun.

1. OBJECTIF

Inventaire quantitatif et qualitatif des peuplements benthiques subtidaux de la partie méridionale de la baie de St-Brieuc, i.e. au sud d'une ligne joignant Portrieux à Erquy.

EUPHORBE 3 : échantillons prélevés à la benne en 52 stations (Nos 65 à 116).

EUPHORBE 4 : retour sur les mêmes stations pour complément d'échantillonnage à la drague.

2. PLANIFICATION

Le réseau de la cinquantaine de stations subtidales présente la même configuration que celui des stations intertidales au voisinage du zéro des cartes, la distance entre stations augmentant ensuite légèrement avec l'éloignement par rapport à la côte. En chaque station, l'échantillonnage est conduit de la façon suivante :

EUPHORBE 3 :

4 prélèvements de 1/8 m² à la benne Hamon, tamisés à bord sur maille ronde de 5 mm de diamètre ;

1 prélèvement de 1/8 m² à la benne Hamon, tamisé sur maille ronde de 2 mm de diamètre, afin de préciser la densité de la petite macrofaune ;

Un échantillon de sédiment est également recueilli dans le godet de la benne, puis congelé.

EUPHORBE 4 :

Dans le but d'affiner l'estimation d'abondance de quelques espèces réputées mal échantillonnées à la benne (spécialement Crepidula fornicata, Buccinum undatum, Cardium echinatum), un trait de drague d'une cinquantaine de mètres est effectué ; la longueur parcourue par la drague sur le fond est évaluée à l'aide du système de radionavigation Syledis. Compte tenu du grand nombre de stations à visiter, cette méthode a été préférée à celle employée par le laboratoire "Pêche" (DRV/RH), plus précise mais aussi plus lourde, et qui consiste à traîner sur une distance de 200 m (repérée par le défilement d'une corde) une drague munie d'une caméra vidéo permettant de vérifier que l'engin demeure au contact du fond.

3. DEROULEMENT DES MISSIONS

3.1. Participants

EUPHORBE 3 : Michel BLANCHARD - Luc DREVES - Dominique HAMON - Michel LUNVEN - Yves MONBET - Gilles YOUENOU.

EUPHORBE 4 : Michel BLANCHARD - Philippe GROS - Dominique HAMON - Yves MONBET.

3.2. Chronologie des travaux

EUPHORBE 3 : Embarquement à Paimpol le 29.03 à 22h00.

30.03 : Départ de Paimpol (08h00) pour prospection de 18 stations dans le secteur ouest de la zone d'étude (stations 71, 72, 73, 81 à 86, 95, 96, 97, 100 à 106 sauf 103). Mer agitée. Mouillage devant St Quay-Portrieux en fin de journée.

31.03 : Echantillonnage de 21 stations dans la partie centrale de la zone d'étude (stations 65 à 70, 76 à 80, 87, 88, 92, 93, 94, 98, 99, 103, 107, 108). Mer calme ; mouillage devant St Quay-Portrieux à 18h00, les travaux sur zone ayant débuté à 08h45.

01.04 : Fin de l'échantillonnage (stations 74, 75, 89, 90, 109 à 116).
 Outre ces 15 stations subtidales furent également échantillonnées à haute mer 3 stations intertidales localisées au voisinage du chenal du Légué (13, 14, 17). L'ensemble des travaux fut effectué par faible vent de SW entre 08h00 et 15h00.

La dernière partie de la mission (après-midi du 01.04, matinée du 02.04) fut consacrée à des prélèvements de sédiment par carottage en 18 stations (étude des éléments nutritifs échangeables réalisée par l'Equipe "Ecologie Pélagique"). Retour à Ste Anne du Portzic le 03.04.

EUPHORBE 4 : Embarquement à Portrieux le 22.06 à 22h00

23.06 : Travaux de 09h50 à 16h20 avec la drague à praires de 600 kg sur les stations suivantes : 88, 92 à 96, 100, 101, 103, 111, 112. En fin de journée, il a été décidé de ne plus employer cette drague munie d'un couteau de longueur insuffisante pour affouiller efficacement le substrat : en quelques stations des essais infructueux ont été tentés à deux reprises (stations 96, 103, 112), voire à trois reprises (station 88). L'échantillonnage a donc été repris en totalité le lendemain et le surlendemain avec une drague plus efficace.

24.06 : Travaux de 09h15 à 18h40.

Stations 81 à 88, 90, 92 à 96, 100, 101, 102, 106 à 113.

Le tracé du parcours pendant un trait de drague (effectué à une vitesse de 2.5 à 3 noeuds), ainsi que la longueur du trait (50 à 60 m), sont contrôlés à l'aide d'un moniteur TV relié au système de positionnement Syledis.

25.06 : Travaux de 08h20 à 18h30.

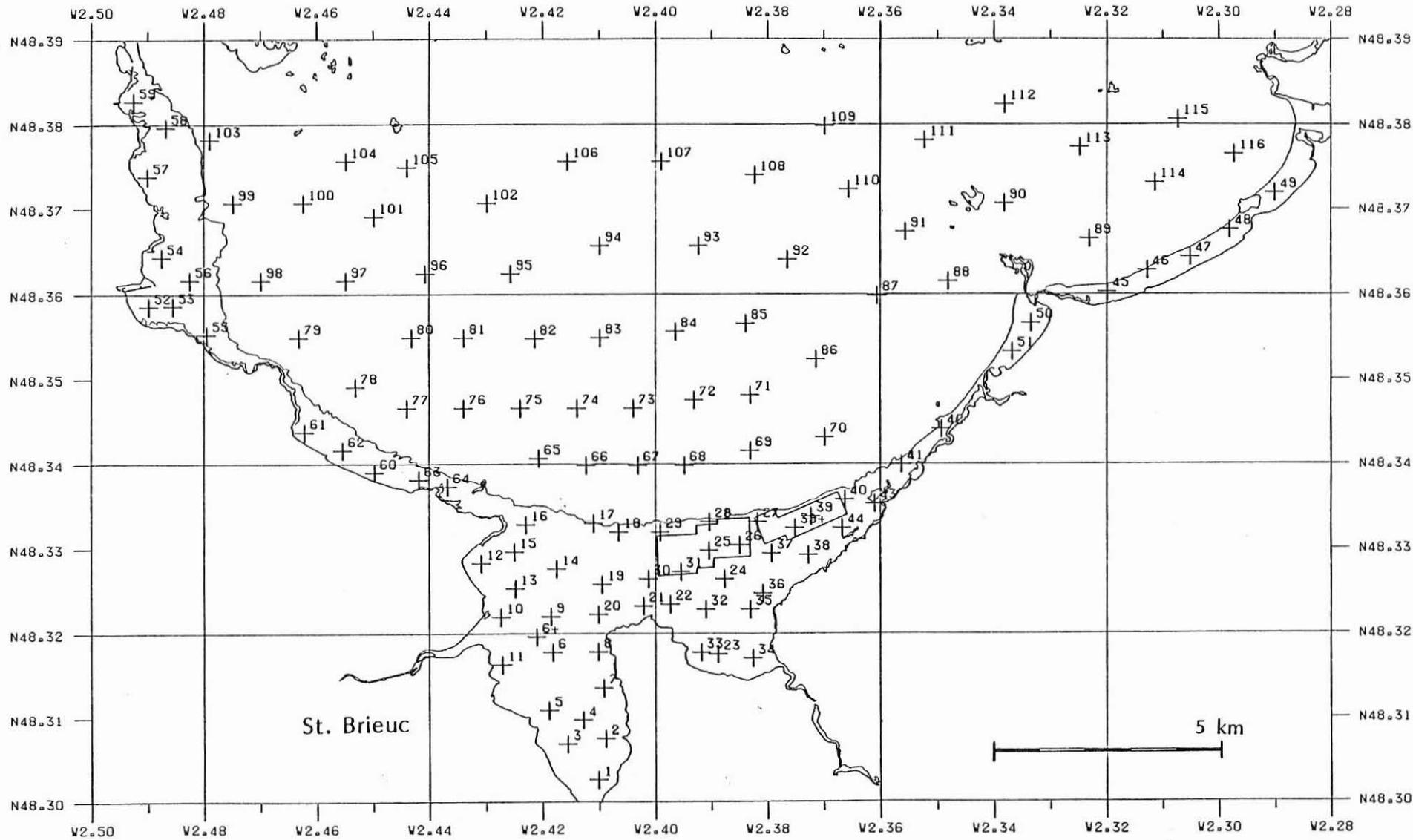
Stations 65, 68, 70 à 80, 89, 92, 97, 99, 100, 103, 104, 105, 114, 115, 116.

A la station 92, plusieurs traits de différentes longueurs ont été effectués afin de s'assurer de la proportionnalité entre la quantité de matériel biologique récolté et la distance parcourue au fond ;

trait n° 1 : drague filée et immédiatement virée après qu'elle ait touché le fond (vitesse par rapport au fond : 2.8 noeuds) ;

MISSIONS EUPHORBE 3 et 4 - THALIA

N° Stat.	Latitude	Longitude
65	48°34'07	2°42'05
66	48°33'99	2°41'22
67	48°33'99	2°40'30
68	48°33'99	2°39'47
69	48°34'16	2°38'30
70	48°34'32	2°36'97
71	48°34'82	2°38'30
72	48°34'76	2°39'30
73	48°34'66	2°40'38
74	48°34'66	2°41'38
75	48°34'66	2°42'38
76	48°34'66	2°43'38
77	48°34'66	2°44'38
78	48°34'91	2°45'30
79	48°35'49	2°46'30
80	48°35'49	2°44'30
81	48°35'49	2°43'38
82	48°35'48	2°42'13
83	48°35'49	2°40'97
84	48°35'57	2°39'63
85	48°35'66	2°38'38
86	48°35'24	2°37'13
87	48°35'99	2°36'05
88	48°36'16	2°34'80
89	48°36'66	2°32'30
90	48°37'07	2°33'80
91	48°36'74	2°35'55
92	48°36'41	2°37'63
93	48°36'57	2°39'22
94	48°36'57	2°40'97
95	48°36'24	2°42'55
96	48°36'24	2°44'05
97	48°36'16	2°45'47
98	48°36'16	2°46'97
99	48°37'07	2°47'47
100	48°37'07	2°46'22
101	48°36'91	2°44'97
102	48°37'07	2°42'97
103	48°37'82	2°47'88
104	48°37'57	2°45'47
105	48°37'49	2°44'38
106	48°37'57	2°41'55
107	48°37'57	2°39'88
108	48°37'41	2°38'22
109	48°37'99	2°36'97
110	48°37'24	2°36'55
111	48°37'82	2°35'22
112	48°38'24	2°33'80
113	48°37'74	2°32'47
114	48°37'32	2°31'13
115	48°38'07	2°30'72
116	48°37'66	2°29'72
RAPPEL		
9	48°32'22	2°41'75
13	48°32'53	2°42'33
14	48°32'76	2°41'62
17	48°33'35	2°41'10



trait n° 2 : 14 m à 2.5 noeuds ;
trait n° 3 : 34 m à 2.5 noeuds ;
trait n° 4 : 50 m à 2.4 noeuds ;
trait n° 5 : 52 m à 2.5 noeuds.

Débarquement le 26.06 au matin à St Quay-Portrieux.

Remarque : Certaines stations échantillonnées à la benne (EUPHORBE 3) ne l'ont pas été à la drague : les stations 66, 67 et 69, situées dans la bande de sable homogène contiguë au zéro des cartes, et la station 91, placée au voisinage de fonds rocheux. A cet égard, l'examen d'ensemble de la couverture de la zone-atelier par les 118 stations inter- et subtidales fait apparaître une lacune face au chenal de Dahouët, due à la présence d'affleurements rocheux dans ce secteur.

CONCLUSION

Les échantillons de sédiment et de macrofaune benthique recueillis au cours des missions EUPHORBE 1 à 4 seront analysés conformément aux objectifs et aux méthodes annoncés dans les fiches thématiques 3 et 4 jointes au texte de présentation du projet. Entre autres résultats est attendue une typologie des principaux ensembles biosédimentaires de la baie : cette information sera utilisée pour déterminer la localisation de transects TVP dans le domaine subtidal, en complément de l'échantillonnage qui vient d'être présenté.

PLANIFICATION ET DEROULEMENT DE LA MISSION EUPHORBE 5

**Estimation de la biomasse cultivée des Moules
dans l'anse de Morieux**

Introduction

Les concessions mytilicoles de l'anse de Morieux sont disposées au bas de l'estran selon trois plans ; ce sont, en allant de l'Ouest vers l'Est :

- Le plan A, dont les bouchots sont alignés suivant une direction quasi-méridienne, approximativement depuis la longitude de la pointe des Guettes (à l'Ouest) jusqu'à celle de la Tourelle Trahillion (à l'Est). L'ensemble des lignes de pieux est inscrit dans un rectangle de 2000 x 1200 m ; mais du fait des décalages relatifs de plusieurs bouchots, la surface totale du plan A n'est que de 172 ha (N.B. : le "bouchot" est un ensemble de pieux rangés en une ligne dont la longueur maximale autorisée est égale à 100 m dans l'anse de Morieux).

- Lui fait suite le plan B (2225 x 550 m, 111,4 ha), jusqu'au niveau d'une ligne joignant les roches Armoteaux (sur l'estran) à la Ronde (au voisinage du zéro des cartes marines). Dans ce plan, comme dans le suivant, les bouchots sont orientés NNW - SSE.

- Enfin le plan C, de largeur beaucoup plus réduite (ca. 225 m au maximum), s'étend sur une longueur de 1500 m, commençant face aux rochers Romel et se terminant à proximité de la roche Gombert.

Pour déterminer l'effort d'échantillonnage devant être alloué à chacun des trois plans, il est nécessaire de caractériser leurs "poids" respectifs de manière plus précise qu'en termes de superficie. Dans le tableau page suivante figurent donc les nombres de rangées de 100 m de pieux (i.e., les nombres de bouchots) de chaque plan, inventoriés sur le cadastre conchylicole* :

* Document au 1/5000, aimablement communiqué par le Bureau de la Domanialité et des Ressources marines de l'Administration des Affaires Maritimes de Paimpol. Il faut toutefois remarquer que la définition des plans B et C qui est adoptée ici ne recouvre pas exactement la séparation "officielle" entre ces deux plans : les super-grappes 14 et 15 (cf. plus loin fig. EVb) sont administrativement rattachées au plan C).

	Plan A	Plan B	Plan C	Total
Nombre d'alignements de pieux (longueur : 100 m)	420	300	99	819

N.B. : pour des raisons qui apparaîtront plus loin (homogénéité de taille des grappes primaires du plan B), les dix dernières rangées de l'extrémité Est du plan B sont comptabilisées dans le plan C. La définition des plans B et C n'est pas la définition administrative ; il s'agit de celle présentée aux figures EVb,c.

Ce recensement préliminaire montre que pour effectuer une allocation de l'effort d'échantillonnage proportionnellement au linéaire de bouchots, le nombre d'observations devra être réparti entre les plans A, B et C dans des rapports voisins de 4 : 3 : 1 respectivement.

1. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

1.1. Choix préliminaires

L'objectif du sondage est d'estimer la biomasse totale des Moules en culture sur l'ensemble des trois plans. Cette information n'est actuellement pas disponible, tout au plus possède-t-on quelques quantifications assez vagues qui permettraient d'en avoir a priori une idée grossière.

Il faut par ailleurs noter que l'évaluation de la production (qui n'est pas l'objet de cette étude) est elle-même assez floue, les valeurs annoncées oscillant entre 3000 et 6000 t.an⁻¹ suivant les sources d'information.

Il est donc apparu nécessaire d'engager une action spécifiquement dévolue à l'estimation de la biomasse des Moules cultivées, l'exercice devant être reproduit au cours d'un cycle annuel pour cerner les variations induites, entre autres, par les pratiques d'exploitation.

La définition de l'opération de sondage elle-même procède directement de décisions concernant prioritairement :

- la définition de l'unité d'échantillonnage,
- la partition en sous-ensemble de la population des pieux d'élevage.

Les choix relatifs au second point seront d'abord exposés, leur compréhension facilitant celle de l'option arrêtée pour le premier.

1.1.1. Partition de la population des pieux d'élevage

Il serait possible d'opérer une partition fondée sur la répartition des concessions entre les différents exploitants (au nombre d'une trentaine). Cette solution ne sera pas retenue ici : ce serait vraisemblablement la meilleure approche pour évaluer la production, en revanche cette démarche n'apparaît guère adéquate pour l'estimation de la biomasse.

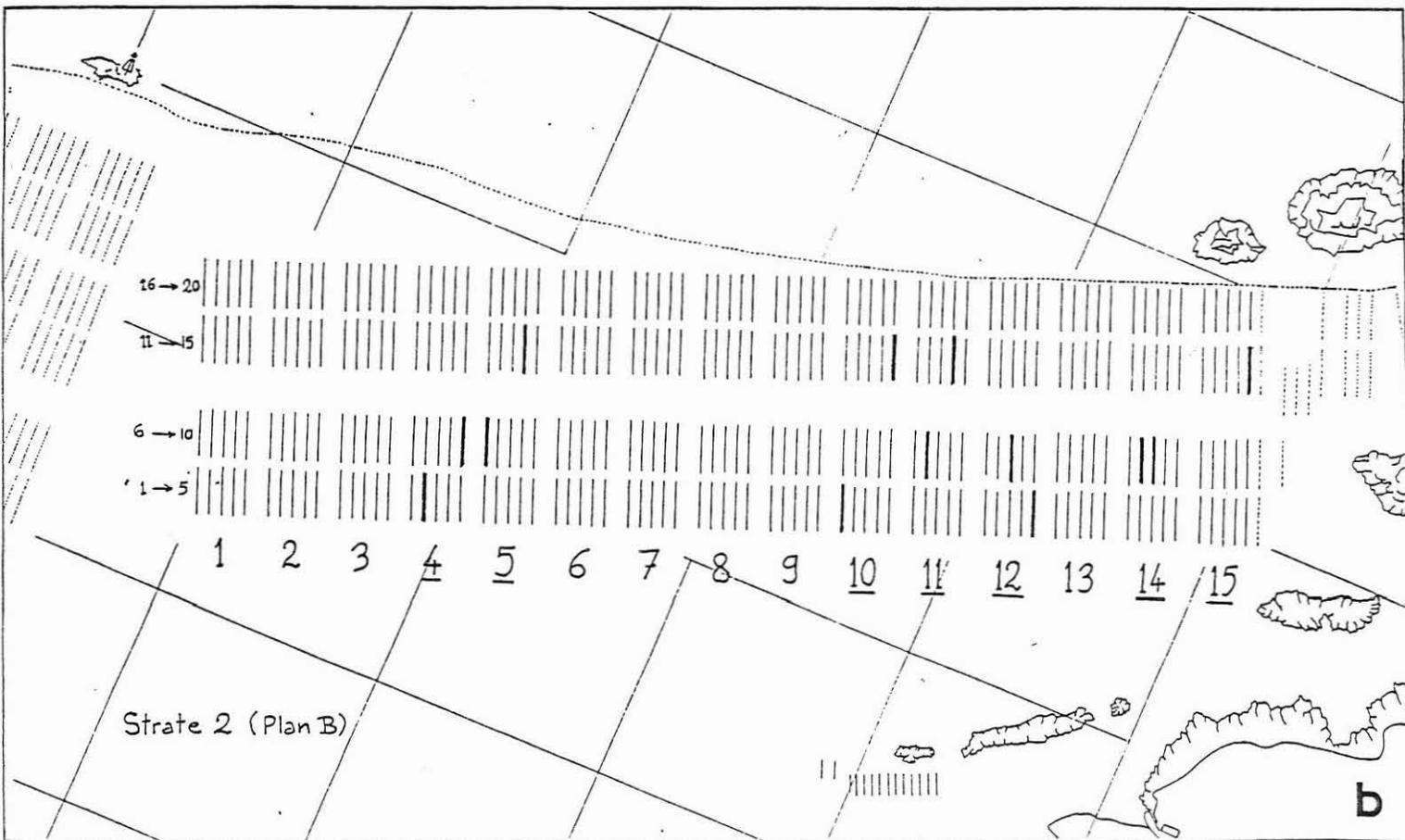
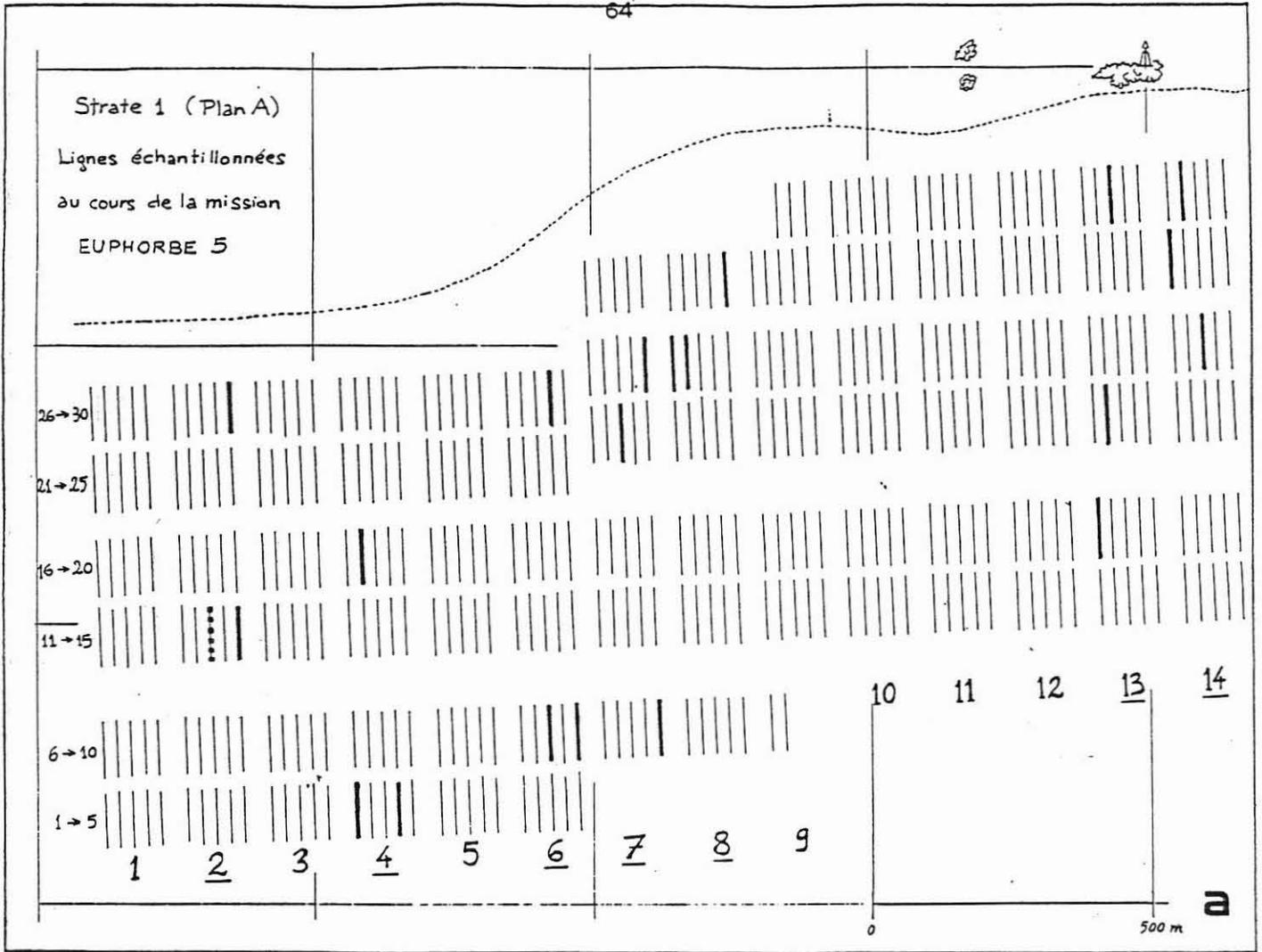
Il est plus judicieux de mettre à profit la forte structuration spatiale des concessions : les trois plans sont contigus à la limite des basses mers, et s'étendent sur près de 6 km en une bande dont la largeur se rétrécit par paliers, passant de 825 m (extrémité Ouest) à 100 m (extrémité Est).

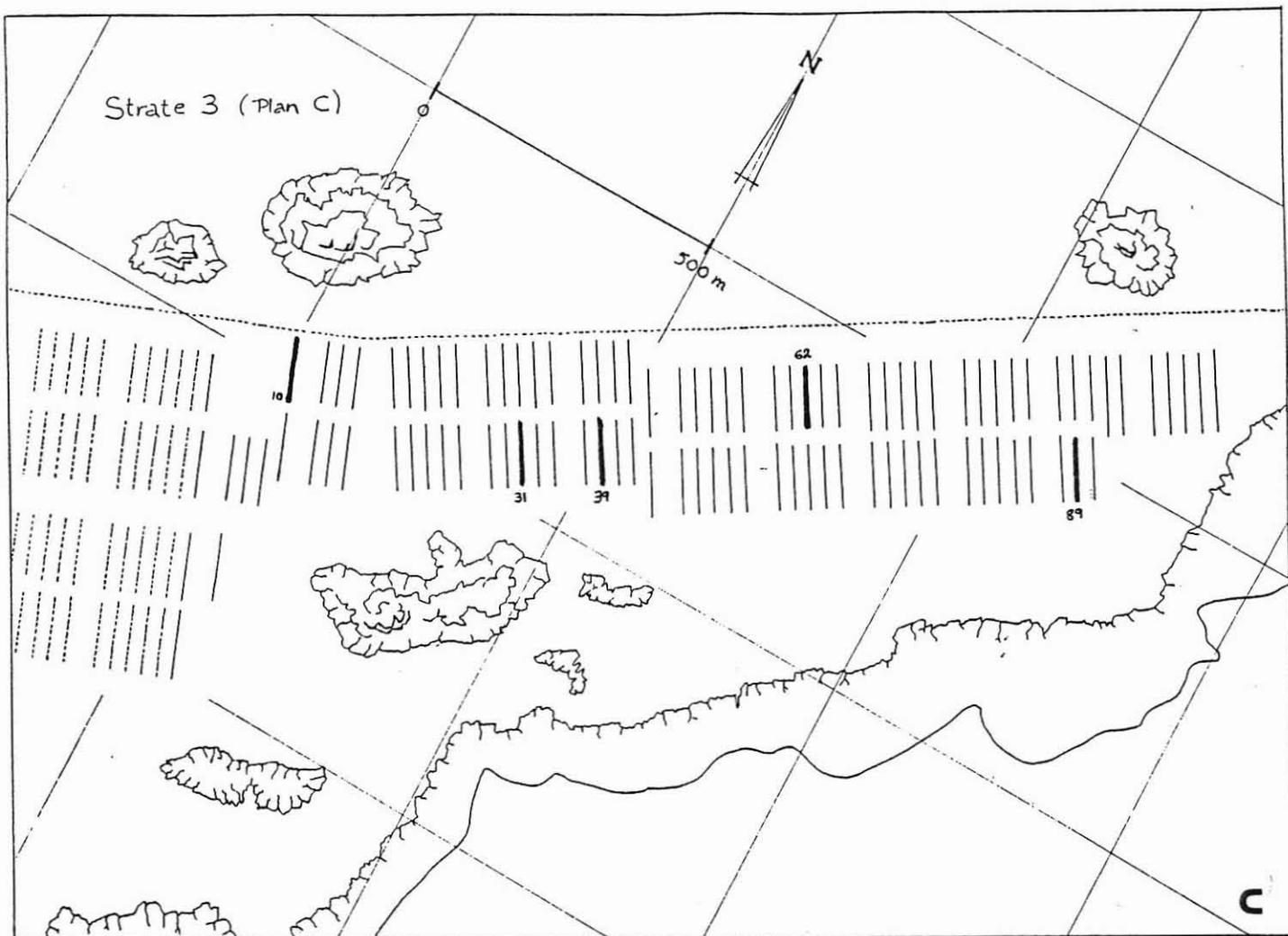
Une première partition envisageable des bouchots en sous-ensembles a priori plus homogènes consiste à les regrouper en fonction de leur niveau approximatif sur l'estran (donc plus ou moins en fonction de leur durée d'exondation). Cela conduit à définir trois strates :

- une strate "de bas niveau", incluant la totalité du plan C, la moitié du plan B et le tiers du plan A, soit 386 rangées de 100 m ;

- une strate "de moyen niveau" formée de la moitié du plan B la plus proche de la côte et du tiers médian du plan A, soit 293 rangées de 100 m ;

- et enfin une strate "de haut niveau", ne concernant que le plan A et formée de sa partie la plus proche de la côte, soit 140 rangées de 100 m.





Figures EVa-b-c :

Grappes (lignes de 100 m de bouchots) échantillonnées dans chacune des trois strates.

EVa&b : Les super-grappes aléatoirement sélectionnées sont celles dont le numéro est souligné. Les grappes sondées dans chacune (et dont la numérotation est indiquée à gauche du plan) sont représentées par un trait gras.

EVC : Deux niveaux d'échantillonnage seulement dans la strate 3, le premier étant équivalent aux grappes des strates 1 et 2.

Figures réalisées d'après le cadastre conchylicole ; ligne pointillée : zéro des cartes marines ; ligne continue : sommet de la falaise (n'apparaît que sur EVb et EVC). La tourelle Trahillion est visible sur les figures EVa (en haut à droite) et EVb (en haut à gauche). Le système de quadrillage (NS-EW, 500 m x 500 m) est commun aux trois figures.

Cette définition des strates repose sur l'idée que le maximum d'hétérogénéité est imputable au niveau topographique des bouchots sur l'estran plutôt qu'à des disparités longitudinales (i.e., entre plans). Cela peut n'être que très partiellement vérifié, eu égard aux particularités propres à chacun des trois plans : rattachement préférentiel (voire exclusif) de certains exploitants à l'un des plans, conditions de milieu non uniformes sur l'ensemble des concessions. De ce dernier point de vue, il faut par exemple souligner que la filière du Gouessant traverse le plan A, lequel est également atteint sur sa frange Ouest par la filière de l'Urne.

Les plans eux-mêmes devraient donc constituer des entités au moins aussi homogènes que les strates précédemment définies, et cela suggère d'utiliser directement cette partition "administrative" de la population des pieux ; sachant qu'il faudra de toute manière tenir compte de l'hétérogénéité vraisemblablement introduite par la distance à la ligne des basses mers. Cela peut être réalisé de deux façons :

- soit en conservant sur l'ensemble des plans la partition en niveaux (haut, moyen, bas) précédemment définie, et donc en subdivisant l'ensemble des concessions en 6 strates de taille comprise entre 100 et 150 lignes de 100 m de pieux : 3 pour le plan A, 2 pour le plan B, la dernière correspondant au plan C,

- soit en définissant des grappes dans chaque plan (i.e., dans chacune des trois strates), ou tout au moins dans les deux premiers (A et B), les grappes s'étendant du plus bas au plus haut niveau de la zone concernée, de sorte que chacune exprime cette source d'hétérogénéité.

Dans l'une comme dans l'autre de ces deux options, la distinction entre plans est maintenue. Resterait à savoir, pour décider face à l'alternative strates vs. grappes, s'il est garanti que dans un plan la plus grande part de la variabilité se distribue entre les strates ou bien à l'intérieur des grappes. En l'absence d'information sur ce point, ce sont les commodités d'emploi du protocole qui serviront de critère de choix.

1.1.2. Définition de l'unité d'échantillonnage élémentaire

Au premier abord, l'unité la plus "naturelle" semble être le pieu ; il n'a d'ailleurs été jusqu'ici fait référence qu'à une population de pieux. Cette définition a priori évidente soulève néanmoins des difficultés ; en effet :

- il n'existe pas de recensement exhaustif des pieux (i.e., la taille de la population n'est pas connue), condition nécessaire à leur sélection aléatoire, ainsi qu'à la connaissance des poids respectifs des différentes composantes de la partition de la population (strates ou bien grappes) ;

- cette lacune pourrait être comblée par dénombrement des pieux sur photographie aérienne, mais outre le caractère fastidieux (et coûteux) de cette opération, les pratiques d'exploitation (retraits de pieux, installation de nouveaux) font que l'effectif de la population varie au cours du temps. Cela contraindrait à recommencer le recensement préalablement à chaque enquête sur le terrain ;

- le nombre de pieux ne varie pas seulement dans le temps, il fluctue également d'une rangée de 100 m à une autre : le nombre de pieux par bouchot est une variable aléatoire, même conditionnellement à un instant fixé.

Ces faits amènent à considérer que le pieu ne constitue par un bon choix pour l'unité d'échantillonnage élémentaire. Sachant que l'objectif visé est l'estimation de la biomasse totale sur l'ensemble des concessions à un instant donné, il apparaît judicieux de tenir compte de la régularité (dans le temps et l'espace) de la structure des concessions : chacun des trois plans est formé de bouchots rigoureusement ordonnés et aisément repérables sur le terrain (et sur les documents cartographiques). De sorte que le bouchot se révèle être un niveau obligé du processus de sélection aléatoire des unités d'échantillonnage. C'est toutefois une entité trop vaste pour pouvoir être appréhendée en totalité, et il est nécessaire de la fractionner en unités dont il soit possible de saisir simplement et rapidement la valeur de la caractéristique (i.e., la biomasse de Moules).

Sera donc retenue comme unité d'échantillonnage élémentaire (notée UE par la suite) une fraction de lignes de pieux de longueur égale à 2 m :

1 UE = 1/50 de la longueur d'une rangée de 100 m de pieux d'élevage.

Caractéristique saisie sur l'UE : biomasse des Moules.

L'écart entre pieux valant en moyenne 60 cm, il est attendu qu'à une UE corresponde un nombre de pieux compris entre 0 et 4.

1.2. Protocole

Quelle que soit l'option adoptée, le protocole intègre la partition en 3 plans de la population :

Effectif total de la population, $N = 40950$ UE ;

dont : plan A , 21 000 UE

plan B , 15 000 UE

plan C , 4 950 UE.

1.2.1. La voie des grappes

Dans ce protocole, l'ensemble des UE est partitionné en trois strates, chacune correspondant à l'un des trois plans. Chaque strate fait ensuite l'objet d'un sondage en vue d'estimer la moyenne par élément (i.e., la biomasse moyenne par UE), ainsi que la variance d'échantillonnage de l'estimateur.

Notations : i=1 : plan A
 indice i : indice de la strate i=2 : plan B
i=3 : plan C

N : nombre total d'UE dans la population (connu) ;

B : vraie biomasse totale des trois plans ;

N_i : taille de la strate i (connue) ; $\sum_i N_i = N$;

b_i : vraie moyenne par élément de la strate i ;

n : taille de l'échantillon ;

n_i : nombre d'UE observées dans la strate i, avec :

$\sum_i n_i = n$ et $n_i / N_i = n / N \quad \forall i$
 (allocation proportionnelle) ;

\hat{b}_i : estimateur de b_i ;

$V(\hat{b}_i)$, $\hat{V}(\hat{b}_i)$: variances vraie et estimée de l'estimateur \hat{b}_i ;

\hat{B} : estimateur de B ;

$V(\hat{B})$, $\hat{V}(\hat{B})$: variances vraie et estimée de l'estimateur de B .

Avec ces notations, l'estimation de la biomasse totale s'écrit :

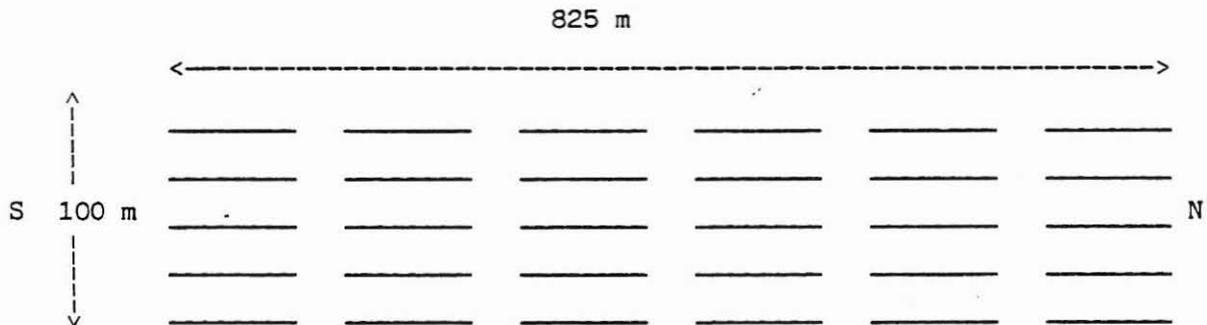
$$\hat{B} = \sum_i N_i \hat{b}_i$$

L'allocation étant proportionnelle, alors $E(\hat{B}) = B$ si les \hat{b}_i sont eux-mêmes sans biais, et sous cette hypothèse :

$$V(\hat{B}) = V(\sum_i N_i \hat{b}_i) = \sum_i N_i^2 V(\hat{b}_i)$$

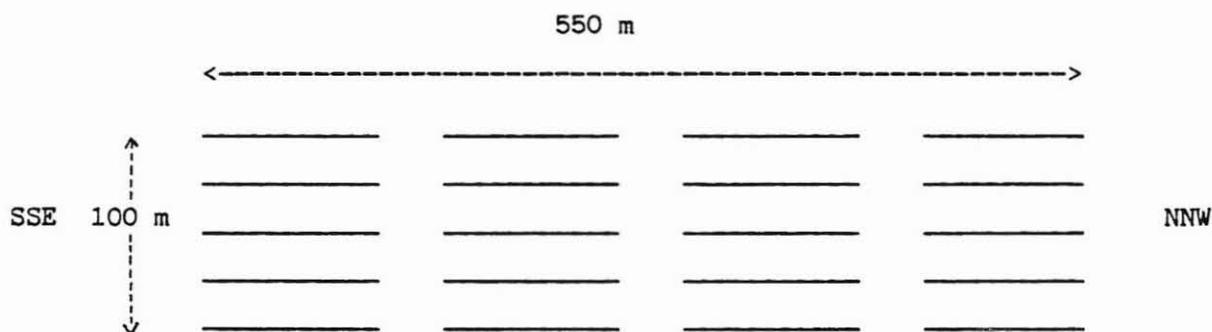
Le problème est donc d'estimer, strate par strate, b_i et $V(\hat{b}_i)$.

Strate 1 (plan A) : le plan A se présente d'Ouest en Est comme une succession d'alignements formés chacun de 6 bouchots, ces alignements étant regroupés par "blocs" de 5. Chacun de ces 14 blocs qui constituent la strate sera assimilé à une grappe primaire :



Une telle grappe primaire, formée de 30 lignes de 100 m, comprend 1500 UE : il est donc évidemment exclu qu'elle soit étudiée exhaustivement, et cela impose un niveau supplémentaire d'échantillonnage : dans chaque grappe primaire, chacune des 30 rangées de 100 m de pieux est assimilée à une grappe secondaire. Enfin, une grappe secondaire est elle même composée de 50 unités de troisième niveau, qui sont précisément les UE définies plus haut.

Strate 2 (plan B) : l'agencement spatial des bouchots dans le plan B est voisin de celui du plan A, et la strate 2 sera de même sondée en employant un protocole à 3 niveaux de sous-échantillonnage. Seule diffère la définition des 15 grappes primaires constitutives de la strate 2, qui sont formées de blocs de 5 alignements de seulement 4 rangées de pieux (soit 1000 UE) :



En résumé :

	Grappes primaires	Grappes secondaires	UE
Strate 1	1 .	1 .	1 .
	2 .	2 .	2 .
	.----->	.----->	.
	.	.	.
	14 .	30 .	50 .
Strate 2	1 .	1 .	1 .
	2 .	2 .	2 .
	.----->	.----->	.
	.	.	.
	15 .	20 .	50 .

Notations :

i = indice de la strate ; ici $i = 1, 2$;

N_{i1} : nombre de grappes primaires dans la strate i ;

N_{ij2} : nombre de grappes secondaires dans la $j^{\text{ème}}$ grappe primaire de la strate i ; $j = 1, 2, \dots, N_{i1}$;

N_{ijk3} : nombre d'UE de la $k^{\text{ème}}$ grappe secondaire de la $j^{\text{ème}}$ grappe primaire de la strate i ; $k = 1, 2, \dots, N_{ij2}$;

Compte tenu de l'égalité de taille des unités de premier et second niveau dans chaque strate, les notations peuvent être simplifiées ; en effet :

$$\begin{aligned} N_{1j2} &= 30 & \forall j \in [1,14] \\ N_{2j2} &= 20 & \forall j \in [1,15] \\ N_{ijk3} &= 50 & \forall (i,j,k) \end{aligned}$$

De sorte que les indices j et k ne seront pas systématiquement conservés par la suite, et que seront aussi utilisées les notations abrégées :

N_{i2} au lieu de N_{ij2} , N_{i3} au lieu de N_{ijk3} , et la relation :

$$N_i = \sum_{j=1}^{N_{i1}} \sum_{k=1}^{N_{ij2}} N_{ijk3} \text{ devient : } N_i = N_{i1} \cdot N_{i2} \cdot N_{i3}$$

La moyenne par élément b_i de la strate i est estimée à l'aide d'un échantillon de n_i UE obtenues par EAS et tirages sans remise :

- de n_{i1} grappes primaires parmi N_{i1} au premier niveau,
- de n_{i2} grappes secondaires (i.e., rangées de 100 m de pieux) parmi les N_{i2} de chaque grappe primaire retenue,
- et enfin au troisième niveau, de n_{i3} UE parmi les 50 de chaque grappe secondaire issue du niveau précédent.

Le nombre des unités sélectionnées à chaque niveau doit satisfaire les contraintes :

$$n_{i1} \cdot n_{i2} \cdot n_{i3} = n_i$$

et : $n_{i1} \geq 2$, $n_{i2} \geq 2$, $n_{i3} \geq 2$ afin de pouvoir estimer les variances intra-niveau.

Ce protocole de sondage des strates 1 et 2 correspond au cas le plus élémentaire de l'échantillonnage à trois niveaux, où chacun est divisé en unités de même taille soumises à un taux d'échantillonnage constant. Dans ces conditions, l'estimateur non biaisé \hat{b}_i de b_i vaut tout simplement :

$$\hat{b}_i = \frac{1}{n_i} \sum_{j=1}^{n_{i1}} \sum_{k=1}^{n_{ij2}} \sum_{l=1}^{n_{ijk3}} y_{jkl}$$

où y désigne la caractéristique observée sur chacune des UE entrant dans l'échantillon.

Et l'estimation non biaisée $\hat{V}(\hat{b}_i)$ de $V(\hat{b}_i)$ s'exprime :

$$\hat{V}(\hat{b}_i) = (1-f_{i1})s_{i1}^2/n_{i1} + f_{i2}(1-f_{i2})s_{i2}^2/(n_{i1} \cdot n_{i2}) + f_{i1} \cdot f_{i2}(1-f_{i3})s_{i3}^2/(n_{i1} \cdot n_{i2} \cdot n_{i3})$$

où $f_{i.} = n_{i.} / N_{i.}$ désigne le taux d'échantillonnage alloué à chaque niveau, et les s_i les variances empiriques correspondantes. Ainsi :

$$s_{i2}^2 = \sum_j^{n_{i1}} \sum_k^{n_{ij2}} (\hat{b}_{ijk} - \hat{b}_{ij})^2 / (n_{ij}(n_{ij2} - 1))$$

$$\text{avec } \hat{b}_{ij} = \sum_k \hat{b}_{ijk} / n_{ij2}$$

les indices k et j étant ici réintroduits pour rappeler que b_{ijk} est la moyenne empirique de la n_{ij2} ème rangée de 100 m de pieux sélectionnée, moyenne calculée sur n_{ijk3} UE ; s_{i3}^2 estime donc la variance intra-grappe secondaire moyenne. La variance inter-grappe secondaire (et donc intra-grappe primaire) moyenne est estimée par :

$$s_{i3}^2 = \sum_j^{n_{i1}} \sum_k^{n_{ij2}} \sum_m^{n_{ijk3}} (y_{ijkm} - \hat{b}_{ijk})^2 / (n_{i1} \cdot n_{ij2} (n_{ijk3} - 1))$$

$$\text{avec } \hat{b}_{ijk} = \sum_m^{n_{ijk3}} y_{ijkm} / n_{ijk3}$$

Et l'estimation de la variance inter-grappes primaires s'exprime :

$$s_{i1}^2 = \sum_j^{n_{ij}} (\hat{b}_{ij} - \hat{b}_i)^2 / (n_{i1} - 1)$$

Strate 3 (plan C) : la taille du plan C, comme l'ordonnement spatial de ses concessions, ne justifie pas la formation de super-grappes. Un simple protocole d'échantillonnage à deux niveaux sera donc appliqué, avec :

- le premier correspondant aux 99 grappes (alignements de 100 m de pieux) de même taille qui constituent le plan,

- le second défini par les 50 UE de chacune de ces grappes.

Protocole :

- EAS (tirages sans remise) de n_{31} grappes parmi N_{31} ,
- EAS (tirages sans remise) de n_{32} UE parmi 50 dans chacun des n_{31} bouchots sélectionnés ; avec :

$$n_3 = n_{31} \cdot n_{32}, \quad n_{31} \geq 2, \quad n_{32} \geq 2.$$

Comme précédemment :

$$\hat{b}_3 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{31}} \sum_{k=1}^{n_{32}} y_{3jk}}{n_{31} \cdot n_{32}}$$

$$\hat{V}(\hat{b}_3) = (1 - f_{31}) s_{31}^2 / n_{31} + f_{31} (1 - f_{32}) s_{32}^2 / (n_{31} \cdot n_{32})$$

Et avec une notation faisant apparaître l'indice j des grappes de l'échantillon ($j = 1, 2, \dots, n_{31}$) et l'indice k des UE sélectionnées dans chacune de ces grappes :

$$s_{32}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{31}} \sum_{k=1}^{n_{32}} (y_{3jk} - \hat{b}_{3j})^2}{n_{31} (n_{32} - 1)}$$

$$\hat{b}_{3j} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{32}} y_{3jk}}{n_{32}}$$

$$s_{31}^2 = \frac{\sum_{j=1}^{n_{31}} (\hat{b}_{3j} - \hat{b}_3)^2}{n_{31} - 1}$$

1.2.2. La voie des strates

Si besoin était, il pourrait être recouru à une alternative au protocole qui vient d'être exposé, et qui serait celle d'une partition de la population des UE en 6 strates :

	<u>Plan A</u>			<u>Plan B</u>		<u>Plan C</u>
Strate n°.	1	2	3	4	5	6
Poids W_i	.171	.171	.171	.183	.183	.121

Chaque strate est formée de n_{i1} unités primaires (i.e., rangées de 100 m) contenant toutes le même nombre N_2 d'éléments UE ($N_2 = 50$). Dans chaque strate sont sélectionnées (EAS et tirages sans remise) n_{i1} unités primaires, puis n_{i2} UE dans ces unités, avec :

$$\sum_{i=1}^6 n_{i2} \cdot n_{i1} = n, \text{ taille de l'échantillon.}$$

L'estimation \hat{B} de la biomasse totale B vaut alors :

$$\hat{B} = \sum_i N_{i1} \cdot N_2 \cdot \hat{b}_i$$

et :

$$\hat{V}(\hat{B}) = \sum_i (N_{i1} N_2)^2 \left((1-f_{i1}) s_{i1}^2 / n_{i1} + f_{i1} (1-f_{i2}) s_{i2}^2 / (n_{i1} n_{i2}) \right)$$

avec :

$$s_{i2}^2 = \sum_i \sum_j^{n_{i2}} (y_{ij} - \hat{b}_i)^2 / (n_{i1} (n_{i2} - 1))$$

$$\hat{b}_i = \sum_j^{n_{i2}} y_{ij} / n_{i2}$$

$$s_{i1}^2 = \sum_i^{n_{i1}} (\hat{b}_i - \hat{b})^2 / (n_{i1} - 1)$$

$$\hat{b} = \sum_i W_i \hat{b}_i, \quad W_i = N_{i1} / (\sum_i N_{i1}).$$

En effectuant le même nombre d'observations n_2 dans les unités primaires quelle que soit la strate, i.e. :

$$f_{i2} = n_2/N_2 = \text{constante notée } f_2,$$

et en échantillonnant les strates proportionnellement à leur taille :

$$n_{i1}/N_{i1} = n/(N_2 \sum_i N_{i1}) = \text{constante notée } f_1,$$

alors l'estimation non biaisée de $V(\hat{B})$ s'exprime :

$$\hat{V}(\hat{B}) = N_2(N_2(1/f_1 - 1) \sum_i N_{i1}s_{i1}^2 + (1/f_2 - 1) \sum_i N_{i1}s_{i2}^2)$$

2. DEROULEMENT DE LA MISSION EUPHORBE 5

2.1. Calendrier - participants

Il était initialement prévu d'échantillonner en trois "marées" les plans A, B et C, théoriquement accessibles en tout point lors des basses mers de vives eaux, aux dates suivantes :

Date	Coefficient	Heures BM-PM et hauteur d'eau	
		BM	PM
10.08.87	103	15h40 (1 m)	21h00 (12 m)
11.08.87	106	16h25 (.7 m)	21h40 (12 m)
12.08.87	102	17h00 (.9 m)	22h20 (11.8 m)

Il fut en fait possible de ne sonder que les plans A et B durant ces trois jours ; en effet :

- la durée des opérations avait été légèrement sous-évaluée,
- et d'autre part le plan C est demeuré en grande partie submergé ; de ce point de vue, il peut être remarqué que les difficultés d'accès à ce plan valent également pour les mytiliculteurs, et qu'en conséquence les concessions y sont en général moins bien entretenues que dans les plans A et B. Cela est aussi vrai pour les lignes de plus bas niveau du plan B, qu'il est envisagé de remonter pour les intercaler avec celles du niveau immédiatement supérieur.

Le plan C fut finalement échantillonné à l'occasion de la mission EUPHORBE 6, le 09.09.87 (coef. 110, 50 cm de hauteur d'eau à 15h35).

La mission fut assurée par quatre personnes : GROS Philippe, HAMON Dominique, MONBET Yves et YOUENOU Gillès (ce dernier remplacé par DREVES Luc le 09 septembre).

2.2. Application du protocole

La mise en oeuvre de la stratégie décrite au chapitre 1 procède de deux opérations distinctes :

(i) La mesure in situ des caractéristiques des UE sélectionnées. La plupart des bouchots n'étant à découvert que pour une durée de ca. 3 h par marée, il est impératif de réduire au maximum le temps consacré à chaque UE ; ce n'est donc pas le poids de moules par UE qui est directement mesuré sur le terrain, mais le **volume de moules par UE.**

(ii) La variable auxiliaire "volume" doit être convertie en biomasse fraîche. Pour réaliser cette conversion, des couples (volume, biomasse) ont été saisis le 11.08.87 dans les établissements de Michel CARTERON, d'une part sur des cordes de jeunes moules (en cours d'installation sur les bouchots au moment du sondage), d'autre part sur des récoltes de moules adultes. Bien évidemment, l'incertitude associée au coefficient de conversion ajoute un bruit aux estimations de variance données plus haut (§1.3.1.).

Sur le terrain, et pour une strate (i.e., un plan) donnée, l'échantillonnage des volumes [point (i)] se déroule comme suit :

- Repérage de la super-grappe (pour les plans A et B seulement).

- Repérage de la grappe (ligne de 100 m).

Ces deux opérations sont rapides et aisées, la sélection aléatoire des unités des divers niveaux ayant été effectuée sur le cadastre préalablement à la mission elle-même (figures EV). Au surplus, les déplacements se font à bord du PONCIN VP2000.

- Pour chaque ligne de 100 m sondée :

. Un cordeau de 100 m de long, marqué de 2m en 2m, est déroulé le long du bouchot afin d'identifier les UE qui vont entrer dans l'échantillon ; incidemment, la longueur de la ligne est ainsi vérifiée. Dans le même temps est dénombré l'effectif des pieux de la ligne, en mentionnant le nombre de pieux dégarnis.

. Le volume de moules des UE sélectionnées peut alors être évalué, sachant qu'une UE renferme le plus souvent 4 pieux (vide infra) ; lors de la mission EUPHORBE 5, ces derniers étaient de trois types :

pieux nus, en attente de pose d'une corde de "nouvelain" ;

pieux entourés d'une corde disposée selon une spire, et garnie de nouvelain ou de jeunes moules. Le volume total est dans ce cas estimé à partir de la longueur totale de la spire et de sa demi-circonférence moyenne ;

pieux chargés d'un "manchon" de moules adultes prêtes à la récolte, assimilé à un cylindre. Le volume est évalué à partir de la circonférence du pieu lui même (mesurée au sommet et à la base), de la circonférence externe moyenne (estimée par trois mesures effectuées à différentes hauteurs), et de la hauteur totale du cylindre de moules.

Les variances associées à ces mesures propres au pieu lui même sont négligeables en regard des autres sources d'incertitude associées à l'estimation du volume total des moules : il n'en sera pas tenu compte par la suite. Par ailleurs, il faut signaler qu'un cliché a été pris (diapositive couleur) de chaque unité d'échantillonnage.

Ces trois types ne concernent que la partie du pieu consacrée à la culture de Mytilus edulis. Le sommet (ca. 30 à 50 cm) est réservé à l'espèce indigène Mytilus galloprovincialis, qui s'y fixe naturellement. Indépendamment du type, la tête du pieu peut être ou non garnie d'un manchon de "moules d'Erquy".

2.3. Effort d'échantillonnage - Chronologie

L'allocation de l'effort aux trois strates est proportionnelle au nombre d'UE de chacune. Les taux d'échantillonnage aux trois niveaux ont été répartis comme suit :

	Strate 1 (plan A)	Strate 2 (plan B)	Strate 3 (plan C)
niveau 1 (super grappes) ; n_{i1} / N_{i1}	7/14	7/15	
niveau 2 (lignes de 100 m) ; n_{i2} / N_{i2}	3/30	2/20	5/99
niveau 3 (UE) ; n_{i3} / N_{i3}	2/50	2/50	2/50
nombre d'UE échantillonnés par strate :	42	28	10
$n_{i1} \quad n_{i2} \quad n_{i3}$			

Il faut signaler que, faute de temps, seulement 40 UE ont été échantillonnées dans le plan A (au lieu de 42 prévues : l'une des super-grappes ne contient que 2 grappes au lieu de 3). Par ailleurs, l'effort dévolu au plan C avait été déterminé d'après le cadastre ; les observations de terrain ont fait apparaître, outre le piteux état de quelques concessions, qu'au moins 7 lignes pouvaient être considérées comme abandonnées. Il a donc été attribué à cette strate un poids de 4600 UE (et non 4950) dans les calculs.

Afin de préciser le temps requis pour un tel sondage, la chronologie de l'échantillonnage des grappes (lignes de 100 m) est résumée ci-après, sachant que dans toutes les lignes ont été saisies 2 UE :

Date	Cible	Echantillonnage		Nombre total de grappes sondées
		Heure début	Heure fin	
10.08.87	Plan A	13h41	17h10	11
11.08.87	Plans A&B	14h00	17h40	12
12.08.87	Plans A&B	15h10	18h14	11
09.09.87	Plan C	14h57	16h06	6

En résumé, quatre personnes entraînées peuvent échantillonner 25 UE par "marée" de 3h30.

3. RESULTATS

Pour 38 des 39 bouchots visités a été noté le nombre k de pieux ; la répartition des effectifs est la suivante :

80 < k ≤ 150 : 3 lignes	180 < k ≤ 190 : 8 lignes
150 < k ≤ 170 : 4 lignes	190 < k ≤ 200 : 11 lignes
170 < k ≤ 180 : 5 lignes	200 < k ≤ 220 : 7 lignes

A ces 38 lignes correspondent 7000 pieux, dont 11 % étaient entièrement dégarnis au moment de la mission. Cela constitue une source de sous-estimation de la biomasse, car tout ou partie de ces pieux nus étaient en voie d'être garnis d'une corde de nouvelain (ces cordes étaient installées sur chantiers dans les concessions).

Il faut enfin noter que le nombre relativement élevé de pieux par bouchot entraîne que la majorité des UE (ca. les 2/3) est formée de 4 pieux, 1/3 seulement des UE ne contenant que 3 pieux.

3.1. Volume des moules en culture

Les résultats du sondage sont résumés ci-après :

	Strate 1 (plan A)	Strate 2 (plan B)	Strate 3 (plan C)
Nombre d'UE sélectionnées	40	28	10
Volume moyen par UE (litres)	113	149	81
Variance empirique moyenne intra grappe (inter-UE) s_{i3}^2	1763	1752	809
Variance empirique moyenne intra super- grappe (inter-grappes) s_{i2}^2	11398	4428	282
Variance empirique moyenne inter super- grappes s_{i1}^2	2445	1138	-
Variance estimée de l'estimation du volume moyen par UE (litres ²)	421	222	58
Poids de la strate (effectif des UE)	21000	15000	4600
Volume total		4983 m3	
Erreur standard de l'estimation		487 m3	

Ces résultats appellent quelques commentaires :

- Dans les strates 1 et 2, la plus forte part de la variabilité est induite par l'hétérogénéité intra super-grappes ; la variabilité d'une super-grappe à une autre est relativement beaucoup plus faible, et cela conforte a posteriori le choix arrêté pour le protocole, en suggérant toutefois qu'un gain de précision peut être attendu, à effort constant, d'une diminution des taux d'échantillonnage du premier niveau au profit d'une augmentation de ceux du second.

- La variance empirique moyenne intra grappe (i.e., intra ligne) apparaît stable et assez faible, caractère qui reflète la pratique d'exploitation selon laquelle la ligne de 100 m est une unité de travail gérée d'un seul tenant : ainsi n'est-elle formée que de pieux semblables entre eux (e.g., tous garnis de moules adultes prêtes pour la récolte). Ce trait commun à l'ensemble des concessions incite à envisager un autre plan de sondage, qui sera présenté plus loin.

- Enfin, il peut être retenu que pour un taux d'échantillonnage global de l'ordre de 2.10^{-3} , la précision obtenue est assez satisfaisante : le volume total estimé à 5000 m³ est assorti d'un coefficient de variation empirique de 10 %.

3.2. Conversion du volume en biomasse

Soit \hat{Q} l'estimation du volume total des moules sur l'ensemble des concessions, \hat{B} l'estimation de la biomasse correspondante, et \hat{R} l'estimation du rapport biomasse/volume (facteur de conversion) ; alors :

$$\hat{B} = \hat{R} \cdot \hat{Q}$$

Sachant que les estimateurs \hat{R} et \hat{Q} sont des variables aléatoires liées à des épreuves indépendantes :

$$V(\hat{B}) = V(\hat{R}) V(\hat{Q}) + E^2(\hat{R}) V(\hat{Q}) + E^2(\hat{Q}) V(\hat{R}).$$

Les estimations relatives au volume Q ont été présentées plus haut (§3.1) ; quant au rapport R , il est estimé à partir de $n = 12$ couples (volume, biomasse fraîche) obtenus par application du point (ii) du protocole (cf. §2.2). Soient \bar{q} et \bar{b} les moyennes empiriques des 12 valeurs obtenues pour le volume et la biomasse respectivement :

$$\hat{R} = \bar{b}/\bar{q}$$

Cet estimateur n'est que très légèrement biaisé, et une réduction du biais pourrait être obtenue en lui préférant :

$$\hat{R}' = \hat{R} (1 - (s_q^2/\bar{q} - s_{bq} / (\bar{b} \cdot \bar{q})))$$

où s_q^2 et s_{bq} désignent les estimateurs usuels de variance et covariance empiriques calculés sur l'échantillon de taille $n=12$. Enfin, l'estimation de la variance $V(R)$ est approchée jusqu'à l'ordre n^{-1} par :

$$\widehat{V}(\widehat{R}) = \frac{1}{n} \widehat{R}^2 (s_b^2/b^{-2} + s_q^2/q^{-2} - 2s_{bq}/(\bar{b} \cdot \bar{q}))$$

De la sorte sont calculés les résultats suivants :

$$\begin{aligned} \widehat{R} &= .72 \text{ kg.l}^{-1}, \widehat{V}(\widehat{R}) = 1.8 \cdot 10^{-4} \\ \widehat{B} &= 3591 \text{ tonnes} \\ \widehat{V}(\widehat{B}) &= 127511 \text{ tonnes}^2 \end{aligned}$$

Autrement dit, la biomasse fraîche de moules au moment du sondage est estimée à 3600 tonnes, l'erreur standard de l'estimation valant 357 tonnes, et cela correspond encore une fois à un coefficient de variation empirique de l'ordre de 10 %.

Conclusion

L'estimation de biomasse qui vient d'être proposée représente la charge minimale de l'ensemble des concessions. En effet, la production de l'anse de Morieux est d'environ 4000 tonnes par an, dont près de la moitié provient de la récolte d'avril-mai-juin ; durant le reste de l'été (et précisément au moment de la mission EUPHORBE 5), la commercialisation retombe à un niveau confidentiel (moins de 100 tonnes/mois) : à cette époque sont installées sur les pieux "libérés" les cordes de jeunes moules.

Pour apprécier les limites entre lesquelles fluctue annuellement la biomasse installée sur les trois plans, il conviendra donc de refaire un sondage pendant le maximum de charge, *i.e.* en mars 1988. A cet égard, les résultats qui ont été obtenus ont valeur des enseignements attendus d'une étude pilote ; ainsi :

- il n'est ni utile, ni raisonnable d'envisager accroître le taux d'échantillonnage global ; une planification serrée devrait permettre de saisir 75 à 80 UE en 3 jours.

- Le taux d'échantillonnage dans une ligne de 100 m sera maintenu à 2/50.

- Si la même stratégie est adoptée (i.e., échantillonnage à 3 niveaux dans les strates 1 & 2, à 2 niveaux dans la strate 3), le nombre de super-grappes sera diminué dans les strates 1 & 2, au profit d'une augmentation des grappes sondées dans ces super-grappes.

- Cependant, comme cela a été noté au §3.1, il existe une alternative intéressante au protocole adopté : elle consisterait à stratifier (au moins pour les plans A et B) les lignes de 100 m par type de pieux (nus, chargés, ...) ; cela imposerait une journée de travail supplémentaire au cours de laquelle seraient parcourues les concessions, afin d'allouer sur le cadastre les grappes (lignes) à l'un des types (strates). Fort vraisemblablement, cette stratégie eut été fructueuse dans le cas d'EUPHORBE 5 ; il est en revanche moins évident qu'elle doive être utilisée en mars 1988, car à cette période de l'année l'ensemble des bouchots devrait être beaucoup plus homogène.

Un dernier point doit enfin être mentionné : cette opération est rattachée à une étude d'écosystème côtier dont le cheptel mytilicole n'est que l'une des composantes, et non à une étude spécialisée qui n'aurait d'autre pôle d'intérêt que ce cheptel lui même. Cela ne signifie pas que les choix fondamentaux qui ont présidé à la conception générale du protocole devraient être modifiés dans ce second cas, cependant il serait alors plus satisfaisant de pouvoir consacrer un soin accru à quelques aspects particuliers, par exemple à la conversion du volume en biomasse.

DONNES ACQUISES LORS DE LA MISSION EUPHORBE 5

1	2	3	4	5	6	7'	7	7''
<u>STRATE 1 (PLAN A)</u>								
02	15	182	25	3	165	40		
			33	3	138	42		
	30	184(39)	08	4	193	50		
			18	4	0			
04	01	172(117)	27	3	27			35
			45	4	9			35
	04	184(16)	14	4	194	47		
			29	3	204	42		
	17	198(2)	39	4	102	23		
			05	4	86	19		
06	08	207	01	4	490	46		
			38	4	343	45		
	10	183(7)	27	4	177	46		
			42	3	186	40		
	29	189(28)	12	4	79			
			23	4	0			
07	05	180(66)	01	4	0			
			11	4	0			
	18	199	09	4	244	38		
			13	5	255	38		
	25	200(19)	43	4	28	18		
			44	4	25	18		
08	21	195	07	4	96	17		
			47	4	107	17		
	22	192	01	4	160	24		
			15	4	170	14		43
	30	198(66)	23	4	50	27		
			26	4	50	28		
13	06	171	14	3	76	42		
			16	3	59	38		
	12	179	27	4	68	19		
			41	3	91	22		
	28		14&18		0			
14	18	220	14	4	137	17		
			37	4	181	19		46
	21	198	05	4	147	22		44
			25	4	180	22		
	27	210(30)	21	3	8	13		
			43	3	8			
<u>STRATE 2 (PLAN B)</u>								
04	02	159(15)	16	3	212	41		
			38	3	173	42		
	10	154(8)	39	4	91	17		
			48	3	68	18		

DONNEES ACQUISES LORS DE LA MISSION EUPHORBE 5 (suite)

1	2	3	4	5	6	7'	7''
05	06	198(4)	21	4	122	17	
			42	4	125	16	
	14	179	13	3	233	39	
			16	4	289	44	
10	01	184(21)	14	4	166	39	
			34	4	121	38	
	15	205(31)	03	4	114	14	38
			46	4	73	14	35
11	07	192(7)	25	4	183	45	
			27	4	216	40	
	14	205(16)	08	3	111	23	36
			31	4	62	14	
12	05	197(26)	09	4	145	42	
			44	3	84	39	
	08	221	05	4	85	19	
			14	4	97	19	
14	07	184(33)	12	4	169	43	
			22	4	161	47	
	08	185	04	4	145	42	
			34	4	168	43	
15	02	157(3)	15	4	334	38	
			18	2	162	43	
	15	149(6)	18	4	106	38	
			24	3	152	37	
<u>STRATE 3 (PLAN C)</u>							
	10	81	46	3	68	43	
	31	162(2)	03	3	68	45	
			18	4	100	21	38
	39	132(106)	21	3	57	22	48
			16	2	80	47	
	62	216(103)	50	3	298	48	
			24	4	120	45	
	89	195(20)	31	4	57	63	
			15	4	122	44	
			41	4	89	47	

Contenu des colonnes : Légende

- 1 : Numéro de la super grappe.
2 : Numéro du bouchot (grappe).
3 : Nombre de pieux dans le bouchot ; entre parenthèses : nombre de pieux nus.
4 : Numéro de l'UE.
5 : Nombre de pieux dans l'UE.
6 : Volume des Moules dans l'UE (litres).
7 : Taille moyenne des Moules (longueur en mm).
7' : Mytilus edulis.
7'' : Mytilus galloprovincialis.

COMPTE RENDU DE LA MISSION EUPHORBE 6
(08-10 septembre 1987)

Introduction

L'objectif de cette mission est d'obtenir une estimation de la biomasse du peuplement de Coques (Cardium edule) installé dans l'anse d'Yffiniac ainsi que dans l'anse de Morieux. Les limites du gisement ont été précisées au cours de la mission EUPHORBE 1. Compte tenu de l'importance quantitative du stock, il est prévu de l'échantillonner à deux reprises :

(i) Durant la période du maximum présumé de la biomasse, i.e. après le recrutement, avant les mortalités hivernales et aussi avant la ponction opérée par les prédateurs (essentiellement l'avifaune limicole) et les pêcheurs à pied. Cela constituait l'objet de la mission EUPHORBE 6.

(ii) Un sondage identique sera reconduit en fin d'hiver (en mars-avril 88), afin d'estimer pareillement la biomasse lorsque sa valeur sera au voisinage du minimum annuel.

Pour le quartier de St-Brieuc, les captures de Coques provenant de ce stock se situent, en valeur, au 3ème rang des ressources halieutiques conchylicoles (derrière la Coquille St-Jacques et la Praire). Le gisement s'étend pour partie en zone insalubre (secteur de l'anse d'Yffiniac limité au Nord-Est par une ligne joignant la pointe du Roselier à la pointe des Guettes), et pour partie en zone non classée (et de ce fait considérée comme salubre au regard de la réglementation). Historiquement exploité par les pêcheurs riverains, il subit, surtout depuis 1983, un effort de pêche croissant ; cela est attesté par l'évolution des tonnages débarqués (source : Michel ROUGERIE, IFREMER/CSRU Hillion).

<u>Saison de pêche</u>	<u>Captures (tonnes)</u>
1981-82	44
1982-83	57
1983-84	156
1984-85	188
1985-86	161
1986-87	380 (500 si l'on prend en compte la pêche de loisir estivale)

La saison de pêche est concomitante de celle de la Coquille St-Jacques en baie de St-Brieuc (de début novembre à mi-avril), avec toutefois une tendance à l'élargissement de la période d'ouverture (e.g., mi-octobre à fin avril pour la saison 86-87). Cette activité concerne une population de ca. 150 pêcheurs titulaires d'une autorisation délivrée par les Affaires Maritimes.

Les Coques sont par ailleurs soumises à la prédation de l'avifaune qui hiverne dans l'anse d'Yffiniac. Il peut être préjugé que l'impact sur le stock de ce second phénomène est d'un ordre comparable à celui induit par la pêche ; afin d'en préciser l'ampleur, une étude spécifique a été confiée à J.P. ANNEZO (IFREMER/DERO/EL) : durant l'hiver 87-88 sera évaluée la quantité de Coques prélevée par la population d'huîtres (Haematopus ostralegus).

1. PLANIFICATION

Pour accéder à l'ensemble du gisement, un coefficient de marée de l'ordre de 70 est suffisant. Les dates choisies pour la mission correspondent néanmoins aux grandes marées de septembre, car il restait à effectuer le sondage du plan C qui n'avait pu être réalisé durant la mission EUPHORBE 5 (cf. compte rendu précédent). D'où le calendrier retenu :

Date	Coefficient de marée	Heure BM et hauteur d'eau
08.09.87	109	14h50 (65 cm)
09.09.87	110	15h35 (50 cm)
10.09.87	104	16h10 (75 cm)

Un réseau d'une soixantaine de stations (notées C00 à C58 sur la figure EVI-1) a été défini en resserrant le maillage utilisé lors de la mission EUPHORBE 1 ; la distance entre deux stations voisines est d'environ 500 m. En chacune, les Coques sont récoltées à l'intérieur de deux quadrats de .25 m² ; il faut noter qu'un tamisage sur maille ronde de 2 mm a parfois été nécessaire du fait de la présence de jeunes recrues tardives (longueur < 5 mm).

La mission a été assurée par 4 personnes (DREVES Luc, GROS Philippe, HAMON Dominique et MONBET Yves), dont une en charge du système AGA pour le guidage ainsi que pour le relèvement de la position. Le trajet prévu, tel qu'indiqué à la figure EVI-1, a été globalement respecté, et parcouru à bord du PONCIN VP 2000.

2. CHRONOLOGIE DES OPERATIONS

Premier jour (08.09.87) - Anse d'Yffiniac ; l'heure indiquée entre parenthèses est celle de l'arrivée sur la station.

C01 (12h04) ; C02 (12h19) ; C03 (12h33) ; C04 (12h46) ; C05 (13h05) ;
 C06 (13h18) ; C07 (13h27) ; C08 (13h37) ; C09 (13h48) ; C10 (14h10) ;
 C11 (14h24) ; C12 (14h34) ; C13 (14h52) ; C14 (15h10) ; C15 (15h27) ;
 C16 (15h38) ; C17 (15h52) ; C18 (16h09) ; C19 (16h23) ; C20 (16h31) ;
 C21 (16h45) ; C22 (17h15) ; C23 (17h30) ; C26 (17h50) ; C00 (17h59) ;
 C27 (18h14).

Remarques :

- La présence de Coques de petite taille (< 5 mm) n'était pas prévue. Elles furent en fait trouvées dès la station C02, ainsi qu'à C04, C09 et surtout C00, i.e. les stations situées dans les hauts niveaux. Les prélèvements effectués en ces stations n'ont pas été tamisés, par conséquent l'abondance de ces recrues tardives est vraisemblablement sous-estimée. Ce n'est en revanche pas le cas pour les stations prospectées les 09 et 10 septembre, où le tamis fut employé dès que la présence de recrues était détectée.

- La structuration spatiale du peuplement est assez nette. Ainsi, les classes d'âge les plus vieilles (Coques de longueur > 25 mm) sont-elles les mieux représentées au voisinage des filières du Légué (stations C07, C13, C16, C17) et de l'Urne (C14, C15), où d'ailleurs se rassemblent les pêcheurs à pied (pêche récréative) : ils étaient au nombre d'une cinquantaine aux alentours de la station C14. Dans ces zones, la prépondérance des "vieilles" cohortes, ainsi que la pression de pêche, concourent à réduire la densité du peuplement (une vingtaine, ou moins, d'individus au m²). Aussi ce type de station, plus rapide à prospecter, a-t-il pu faire l'objet d'un échantillonnage sur 1 m² (4 quadrats), à la différence du 1/2 m² utilisé dans les secteurs de peuplement dense.

- Au plan pratique, il faut remarquer que le trajet indiqué sur la figure EVI-1 (C01 -> C02 -> C03 ->... -> C27) ne s'est pas révélé optimal ; le temps a manqué pour prospecter les stations C24 et C25, qui ont été échantillonnées le 10.09. Par conséquent, en avril 1988, la couverture de l'anse d'Yffiniac sera planifiée comme suit :

. Départ de la plage du Vallet (extrémité Nord du remblai de la grève des Courses) 4 heures avant la basse mer ;

. Echantillonner en premier lieu les stations les plus au Sud, i.e. suivre le cheminement C27 -> C26 -> C24 -> C25 -> C23 -> C00 -> C02, puis reprendre le parcours C02 -> C03 ->..., pour terminer par C21 -> C22 -> C01.

. La cale de la plage du Vallet est accessible jusqu'à 3h30 après la basse mer.

Deuxième jour (09.09.87) - anse de Morieux.

Départ de la chapelle St-Maurice à 11h50 pour échantillonner les stations situées sur la rive droite de la filière du Gouessant, ainsi que pour clore le sondage entrepris durant la mission EUPHORBE 5.

C28 (11h58) ; C29 (12h10) ; C30 (12h25) ; C31 (12h35) ; C32 (12h54) ;
C33 (13h09) ; C34 (13h22) ; C35 (13h33) ; C36 (13h50) ; C37 (13h59).

Le temps encore disponible après prospection du plan C a été mis à profit pour échantillonner 6 stations situées sur la rive gauche du Gouessant :

C48 (16h31) ; C49 (16h50) ; C50 (16h59) ; C51 (17h14) ; C54 (17h31) ; C57 (17h50).

Depuis la station C48, il a pu être observé que l'Urne avait pour partie repris son ancienne filière (i.e., celle qui traverse le plan A), malgré une tentative de détournement : installation d'épis par les mytiliculteurs, afin de contenir l'Urne à l'Ouest du plan.

Troisième jour (10.09.87) - départ de la plage de Bon Abri pour contourner la pointe des Guettes, et échantillonner les stations situées en majorité sur la rive droite de la filière de l'Urne.

C56 (12h27) ; C58 (12h45) ; C55 (13h01) ; C53 (13h24) ; C52 (13h38) ; C46 (13h50) ; C47 (14h05) ; C43 (14h35) ; C45 (14h48) ; C44 (14h57) ; C38 (16h04) ; C40 (16h16) ; C41 (16h30) ; C42 (16h49).

Remarque : le retour effectué sur la station C23 (échantillonnée sans tamisage le premier jour) a permis de confirmer la présence des recrues, qui avaient échappé à l'observation lors du premier passage.

3. EXPLOITATION DES ECHANTILLONS

Les résultats annoncés en introduction seront présentés ultérieurement, en même temps que ceux qui seront obtenus après la mission prévue pour avril 88. D'ores et déjà, le protocole du traitement des données peut être néanmoins indiqué, assorti de quelques conclusions partielles.

- Les distributions des fréquences de tailles des individus récoltés en chaque station ont été déterminées. Elles sont présentées à la figure EVI-2 ; les longueurs (abscisses) ont été regroupées par classes de 2 mm d'amplitude, le centre de la première classe valant 5 mm : le dernier recrutement de l'année n'apparaît donc pas. Les fréquences absolues sont indiquées sur l'échelle des ordonnées. A droite de chaque histogramme empirique sont notés l'effectif total des individus, ainsi que la surface sur laquelle ils ont été saisis (1/2 m² ou bien 1 m², cf. § 2).

- Pour chaque classe de taille sera expérimentalement établi le poids sec sans cendres de "l'individu moyen", afin de calculer à partir des distributions de fréquence de taille la biomasse par unité de surface en chaque station.

- Une carte des variations spatiales de la biomasse du gisement sera ensuite réalisée à l'aide de l'interpolateur du krigeage ; cette technique fournira en outre une cartographie de l'erreur d'estimation. Dès à présent peuvent être cependant fournies quelques informations quantitatives sommaires quant à l'importance du peuplement : le gisement s'étend sur une superficie de ca. 1500 hectares, le maximum de biomasse étant localisé au centre de l'anse d'Yffiniac (de l'ordre de 30 grammes de Matière Organique par m²), ainsi que sur sa bordure orientale (20 à 30 g M.O./m² au voisinage de la filière de l'Urne) ; les valeurs atteintes dans l'anse de Morieux sont en moyenne plus faibles (4 à 6 g M.O./m²). Sur l'ensemble du gisement, la biomasse moyenne est estimée à 12 g M.O./m² ; en première approximation, cela conduit à évaluer à 185 tonnes la matière organique représentée par le peuplement de Coques. L'analyse géostatistique des données permettra de prendre explicitement en compte la structuration spatiale de la biomasse dans le calcul de la précision associée à cette estimation.

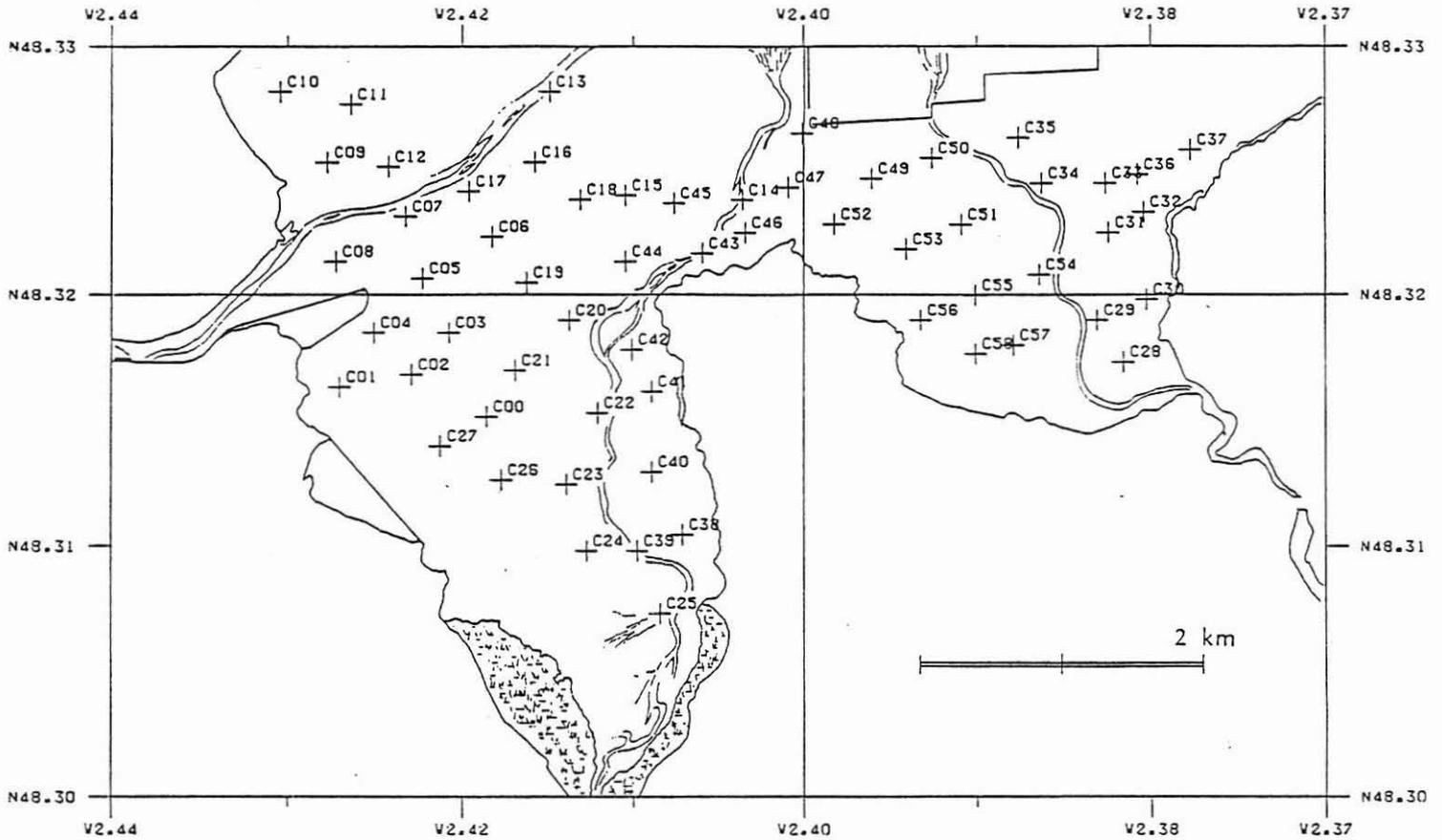


Figure EVI-1 : Réseau des 59 stations échantillonnées pour l'estimation de la biomasse du gisement de coques. Sur la figure sont également rappelées la localisation des filières, ainsi que l'extension des herbues du fond de l'anse d'Yffiniac.

Pages suivantes : figures EVI-2 (cf. texte pour la légende).

