

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

**ETUDE DES KYSTES DE DINOFLAGELLES  
EN BAIE DE VILAINE**

**I - SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE**

***Maria Eduarda LARRAZABAL***



**DERO-87-14-MR**

CENTRE DE NANTES  
 B. P. n° 1049  
 44037 NANTES CEDEX 01  
 tél. 40.37.40.00

<b>AUTEUR (S) :</b> Maria Eduarda LARRAZABAL		<b>CODE :</b> N° <u>DERO-MR-14 -87</u>
<b>TITRE</b> ETUDE DES KYSTES DE DINOFLAGELLES EN BAIE DE VILAINE. 1 - SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE.		<b>date :</b> octobre 1987 <b>tirage nb :</b> 30 <b>Nb pages :</b> 41 <b>Nb figures :</b> 17 <b>Nb photos :</b>
<b>CONTRAT</b> (intitulé)  N° _____		<b>DIFFUSION</b> libre <input checked="" type="checkbox"/> restreinte <input type="checkbox"/> confidentielle <input type="checkbox"/>

**RÉSUMÉ**

L'étude des kystes de dinoflagellés marins actuels trouve un intérêt tout particulier dans le cas des espèces responsables d'eaux colorées ou productives de toxines. Dans le cas particulier de la baie de Vilaine (Bretagne sud-France) l'évolution des fonds entre 1965 et 1985 (augmentation notable des zones envasées) comme les blooms estivaux à Prorocentrum, Protoperidinium et Gonyaulax laissait supposer l'existence de formes enkystées correspondant à ces genres. Après une analyse succincte des données récentes de la littérature, les premiers résultats des échantillonnages pratiqués en 1986 permettent de confirmer les hypothèses initiales.

**ABSTRACT**

The study of modern marine dinoflagellate cysts is especially attractive when considering toxic or red tide species. In the case of Vilaine Bay (South Brittany - France) the evolution of bottom marine sediments between 1965 and 1985 (increase of muddy areas) as well as summer blooms of Prorocentrum, Protoperidinium and Gonyaulax gave arguments for credit to the existence of cysts corresponding to that generas. After a brief analyse of recent litterature first results of 1986 sampling operation confirm initial hypothesis.

**mots-clés** : DINOFLAGELLES, KYSTES, BAIE DE VILAINE.

**key words** : DINOFLAGELLATES, CYSTS, VILAINE BAY.



# **ETUDE DES KYSTES DE DINOFLAGELLES**

## **EN BAIE DE VILAINE**

### **I - SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

---

Maria Eduarda LARRAZABAL

#### **I - INTRODUCTION**

#### **II - DONNEES GENERALES**

- 1 - Kystes de dinoflagellés modernes en Europe  
(tableau 1 - figures 1 et 2)
- 2 - Récents travaux taxonomiques sur les kystes de  
Gymnodiniales  
(figures 3 à 6)
- 3 - Cycle biologique des dinoflagellés  
(figures 7 à 11)

#### **III - ETUDE PARTICULIERE DE LA BAIE DE VILAINE**

- 1 - Courants résiduels  
(figures 12 et 13)
- 2 - Sédimentologie  
(figures 14 et 15)
- 3 - Formes mobiles des dinoflagellés  
(figure 16 - tableau 2)
- 4 - Résultats 1986  
(tableaux 3 et 4 - figure 17)
- 5 - Discussion  
(tableau 5)
- 6 - Conclusion

#### **IV - BIBLIOGRAPHIE**

## I - INTRODUCTION

Il y a quelques années, l'étude des kystes de dinoflagellés concernait surtout la stratigraphie, en relation avec la prospection pétrolière. Aujourd'hui, tant les biologistes que les paléontologistes s'intéressent aux formes de résistance des dinoflagellés : les kystes (ou dinokystes) afin de mieux connaître le cycle évolutif des espèces côtières (LOEBLICH III et LOEBLICH, 1984) généralement en raison :

- 1) de leur importance dans les efflorescences estivales ou de leur capacité à produire des phytotoxines ultérieurement accumulées par les coquillages ;
- 2) comme organismes "indicateurs" de salinité (MORZADÉC-KERFOURN, 1976) et, en paléontologie, de sites pétrolifères.

Les dinoflagellés jouent un rôle important dans les successions phytoplanctoniques, après les diatomées qui sont quantitativement les mieux représentées. Certains dinoflagellés, lorsque les conditions ne sont pas favorables à leur développement, peuvent prendre des formes de résistance et rester ainsi jusqu'à l'obtention des conditions optimales pour leur reproduction (formes mobiles).

L'étude qui nous a été proposée est liée aux nombreux cas de gastroentérites provoqués par la consommation de coquillages contaminés par des espèces de dinoflagellés toxiques sur les côtes bretonnes (ALZIEU et al., 1983).

L'apparition d'une espèce de dinoflagellé toxique (Dinophysis) en baie de Vilaine depuis 1983, est inquiétante puisque l'écologie de cette espèce et son cycle évolutif sont assez peu connus bien qu'elle soit tenue pour principale responsable des intoxications diarrhéiques occasionnées dans cette région (LASSUS et al., 1985).

Les études réalisées en baie de Vilaine depuis 1982 ont montré que les dinoflagellés sont nombreux pendant la période estivale (en particulier les mois de juin et juillet) et que leurs densités diminuent pendant l'hiver quand les conditions deviennent défavorables aux formes mobiles. Une répartition bathymétrique a été faite en baie de Vilaine pendant l'été 1985.

Une recherche bibliographique a permis de dégager les paramètres considérés comme responsables des enkystement et dékystement des dinoflagellés, ainsi que la méthode utilisée pour l'étude et la détermination des kystes.

De nombreux essais en laboratoire ont été réalisés dans le monde entier afin de trouver les formes mobiles correspondantes aux kystes mis en culture et des paramètres comme la température, la salinité, l'oxygène dissous et la luminosité ont été reconnus comme prépondérants dans le cycle biologique des espèces étudiées.

Une étude approfondie des kystes récents de dinoflagellés a été commencée dans la baie de Vilaine en 1985 pour essayer d'évaluer les espèces dominantes et de trouver les formes de résistance correspondantes, jusqu'à présent inconnues. A partir de ces résultats, nous avons essayé de cartographier toute la baie en précisant les zones critiques, aussi bien pour l'accumulation des kystes dans les sédiments que pour les blooms de dinoflagellés de façon à chercher à comprendre le phénomène de succession des espèces.

Nous espérons qu'à la fin de cette étude, il nous sera possible de prouver ou de nier les relations entre les kystes et les formes mobiles des espèces associées aux intoxications en baie de Vilaine.

Bien qu'aucune description d'une forme de résistance de Dinophysis ne soit disponible dans la littérature, nous essayerons éventuellement d'examiner parmi les kystes rencontrés toute forme susceptible d'être rapprochée de cette espèce, en particulier dans les communautés accompagnatrices. Par ailleurs, le genre Protogonyaulax, connu pour la production de PSP (Paralytic Shellfish Poison) dans d'autres pays, est présent en baie de Vilaine bien que l'espèce (Alexandrium ibericum) soit apparemment inoffensive. Nous porterons donc notre effort sur les kystes pouvant se rattacher à la morphologie type des Protogonyaulax.

## II - DONNEES GENERALES

### 1 - Les kystes de dinoflagellés modernes en Europe

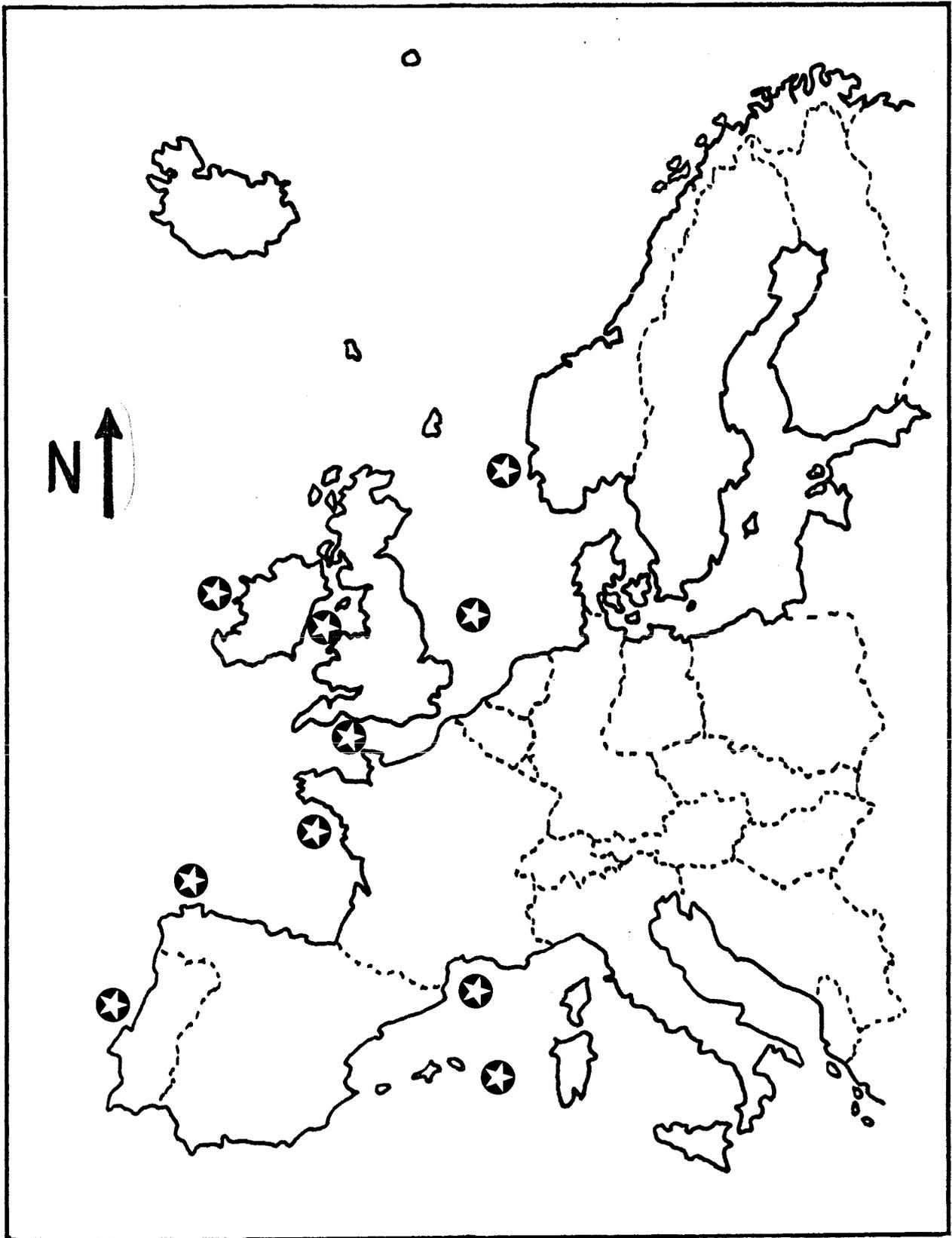
Nous avons représenté dans le tableau 1 les espèces décrites par différents auteurs sur les côtes européennes et sur la figure 1 les zones étudiées. De ce rapide tour d'horizon, nous pouvons retenir :

- le problème taxonomique posé par les correspondances (MORZADEC-KERFOURN, 1976, 1977, 1979 ; REID, 1972, 1977, 1978 ; HARLAND et al. 1980 ; REID et HARBLAND, 1977) entre plusieurs nomenclatures de kystes et un taxon pour la forme mobile ;
- seuls les genres Gonyaulax, Protogonyaulax (REID, 1972 ; REID et HARBLAND, 1977 ; MORZADEC-KERFOURN, 1976, 1977, 1979 ; DALE, 1979, 1983 ; BLANCO et al., 1985 ; LEWIS et al., 1985 ; DODGE, 1985 et Protoperidinium (DALE, 1977 et 1983 ; REID, 1977, 1978 ; REID et HARBLAND, 1977 ; HARBLAND et al., 1977 ; DODGE, 1983) ont été très étudiés. Les groupes des Gymnodiniales et des Ceratidae n'ont fait l'objet que de rares études (MORZADEC-KERFOURN, 1979 ; SAMPAYO, 1985 ; REID, 1978 ; DALE, 1983).

AUTEUR/ANNEE	ESPECES		
	<u>Formes libres</u>	<u>Kystes</u>	
REID 1972	Gonyaulax polyedra G. spinifera G. digitalis	Lingulodinium machaerophorum Nematosphaeropsis balcombiana Spiniferites bentori	British Isles (U.K.)
MORZADEC-KERFOURN 1976	Gonyaulax polyedra	Lingulodinium machaerophorum Spiniferites furcata S. bentori S. bulloidea S. tripoides Operculodinium centrocarpum	Littoral Armoricaïn (France)
DALE 1977	Peridinium faeroense Scriptiella trochoidea		Oslofjord (Norvège)
REID 1977	? Protooperidinium avellana P. punctulatum P. ? denticulatum ? Protooperidinium conicoïdes cf. P. pentagonum ? ? cf. P. leonis P. compressum P. oblongum P. claudicans ? P. conicum ? Diplopsalopsis orbicularis Diplopeltopsis minor ? ?	Brigantedinium auranteum  Brigantedinium cariacense  Brigantedinium majusculum Brigantedinium simplex Trinovantedinium capitatum T. concretum T. olivum T. sabrinum Stelladinium stellatum Votadinium calvum V. spinosum Xandarodinium xanthum Multispinula quanta Dubridinium cavatum D. caperatum D. cassiculum D. ulsterum	British Isles (U.K.)
MORZADEC-KERFOURN 1977	Gonyaulax digitalis ? ? Gonyaulax spinifera G. spinifera G. spinifera G. scrippsae ? G. polyedra ? Gonyaulax grindleyi	Spiniferites bentori S. delicatus S. ramosa S. mirabilis S. membranaceus Planinosphaeridium membranaceum Spiniferites bulloïdeus Leptodinium aculeatum Lingulodinium machaerophorum L. redonnensis Operculodinium centrocarpum	Côtes bretonnes (France)
REID & HARLAND 1977	Gonyaulax spinifera Gonyaulax Gonyaulax spinifera Gonyaulax	Nematosphaeropsis labyrinthea Operculodinium centrocarpum Spiniferites mirabilis Lingulodinium machaerophorum	Atlantique Nord
DALE 1979	Gonyaulax tamarensis G. excavata G. polyedra	Lingulodinium machaerophorum	Norvège
MORZADEC-KERFOURN 1979	Gonyaulax digitalis G. spinifera  Gonyaulax scrippsae G. polyedra Protoceratium reticulatum Pyrodinium Pyrocephalus	Spiniferites bentori Spiniferites (nombreuses espèces) Leptodinium (nombreuses espèces) Nematosphaeridium labyrinthea Planinosphaeridium membranaceum Tectatodinium pellitum Spiniferites bulloïdeus Lingulodinium machaerophorum Operculodinium centrocarpum Hemicystodinium zoharyi Tuberculodinium vancampoeae	Méditerranée (France)
DALE 1983	Diplopsalopsis minor Diplopsalis lenticula Diplopsalopsis orbicularis Gonyaulax digitalis G. excavata G. grindleyi	Dubridinium caperatum  D. cavatum Spiniferites bentori  Operculodinium centrocarpum	Cambridge (U.K.)



FIGURE 1



Localisation des zones d'études européennes des kystes de dinoflagellés modernes entre 1972 et 1985.

En ce qui concerne la granulométrie liée aux kystes, les auteurs citent généralement (MORZADÉC-KERFOURN, 1977, 1979 ; DALE, 1979 ; BLANCO et al., 1985 ; LEWIS et al., 1985) une taille moyenne de particule sédimentaire de 0,53  $\mu\text{m}$  pour les kystes dont les dimensions vont de 18 à 60  $\mu\text{m}$  et pour les fractions plus grosses de 0,53  $\mu\text{m}$  à 200  $\mu\text{m}$  pour les kystes de taille supérieure (REID, 1978). La couche sédimentaire prélevée varie d'après les auteurs, allant d'une épaisseur de 1 cm jusqu'à 40 cm.

Les techniques de prélèvement sont liées au substrat et les engins habituels de récolte sont les bennes et les carottiers, mais une alternative consiste (REID, communication personnelle, 1984) à piéger les kystes au moment de leur sédimentation. Pour ce qui concerne l'étude en baie de Vilaine, nous avons utilisé la benne Bottom Sampler selon Lenz et un type de piège à particule décrit dans la figure 2.

Les méthodes de préparation des échantillons varient aussi selon les auteurs. En palynologie (MORZADÉC-KERFOURN, 1966, 1976, 1977, 1979 ; REID, 1972, 1977 ; DALE, 1979) il s'agit de l'utilisation des acides capables de détruire la matière organique, technique qui permet la conservation des thèques non calcaires, tandis que pour l'étude des formes vivantes, on utilise le sédiment frais ou conservé au formol.

## 2 - Récents travaux taxonomiques sur les kystes de gymnodinales

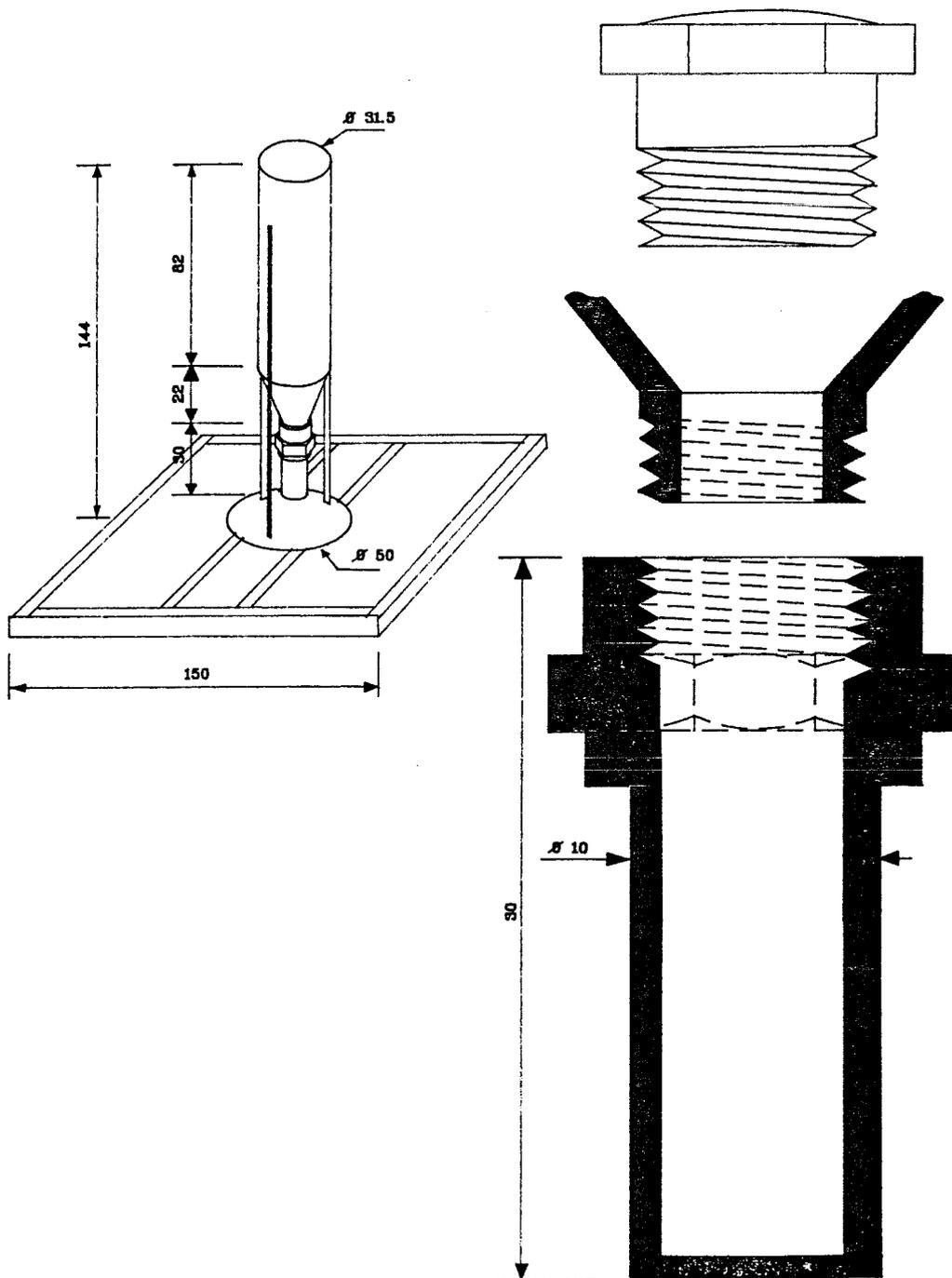
Parmi les différents kystes de dinoflagellés connus en Europe, le groupe des Gymnodinales a surtout été l'objet d'étude dans des pays comme le Japon et les U.S.A. et en particulier les espèces : Gymnodinium instriatum, Gymnodinium uncatenum, Gymnodinium pseudopalustre, Gymnodinium breve, Polykrikos hartmanii, Polykrikos kofoidii, Polykrikos schwartzii.

En ce qui concerne les travaux systématiques, MATSUOKA 1980, 1981 et ANDERSON, 1984 b ont décrit les kystes de Polykrikos schwartzii, Polykrikos hartmanni, Tuberculodinium vancompe, Pyrodinium bahamense et Gyrodinium uncatenatum tout en recherchant des informations écologiques sur ces espèces.

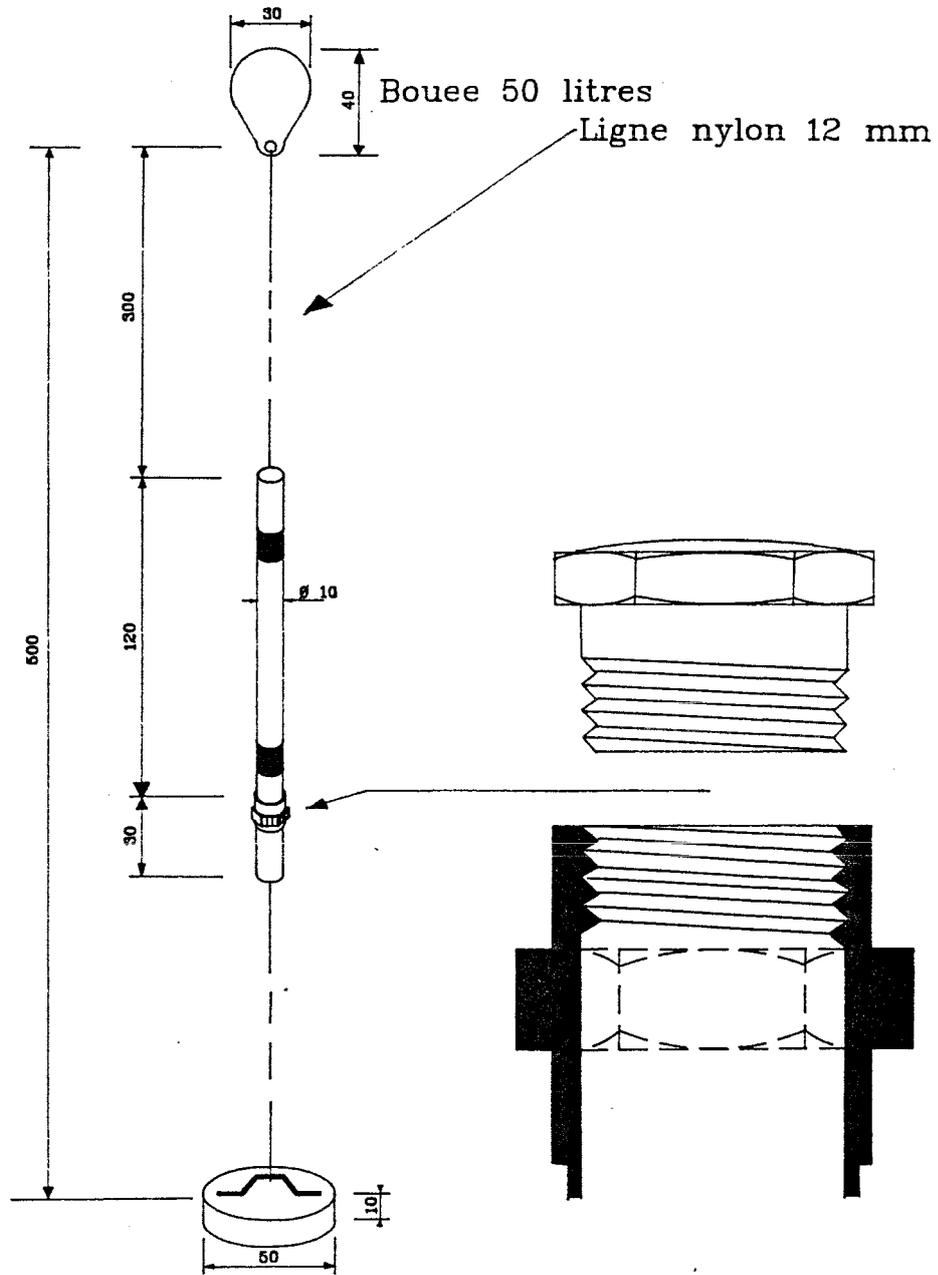
Parallèlement, plusieurs essais de mise en culture, afin d'évaluer le cycle évolutif des Gymnodinales, ont été établis par STEIDINGER, 1975 ; FUKUYO, 1980, 1981 ; TYLER et al., 1982 ; ANDERSON, 1984 ; ANDERSON, 1985 ; ANDERSON et KEAFER, 1985 ; TYLER et HEINBOKEL, 1985.

En Europe, les kystes de Gymnodinales ont été étudiés à côté des kystes d'autres espèces à titre complémentaire lors d'un bilan écologique des espèces trouvées, excepté pour Amphidinium carterae (SAMPAYO, 1985). En Angleterre, les espèces Polykrikos schwartzii, Polykrikos kofoidii, Pyrodinium bahamense, Ceratium hirundinella, Ceratium horridum, Gymnodinium pseudopalustre, Gyrodinium resplendens,

FIGURE 2 a



Piège à particule de type benthique utilisé en baie de Vilaine en 1986 pour l'étude des kystes de dinoflagellés.



L.Géboire / AUTOCAD / 08.87

Piège à particule de type pélagique utilisé en baie de Vilaine en 1987 pour l'étude des kystes de dinoflagellés.

Pyrophacus horologicum, Pyrophacus vancamporoe ont été mises en évidence par REID, 1978 et DALE, 1983 tandis qu'en France le seul genre Pyrodinium a été étudié par MORZADEC-KERFOURN, 1979.

Parmi les méthodes de dénombrement (DALE, 1979 ; REID, 1978 ; DODGE, 1983 ; BLANCO et al., 1985 ; SAMPAYO, 1985) celle utilisée par LEWIS et al. (1985) a été choisie pour le traitement du sédiment en baie de Vilaine.

Cette méthode consiste à prélever le sédiment superficiel en utilisant le carottier, la benne ou le piège à particules. Une fois au laboratoire, le sédiment est gardé au frais (4°C) et un sous-échantillon de 0,5 g est soumis aux ultrasons pendant 3-4 minutes, ensuite lavé successivement à l'eau de mer filtrée (1 litre) et tamisé à 20 µm. La méthode utilisée pour l'observation microscopique est celle décrite par Uthermöhl (1958) et 5 cuves à sédimentation de 10 ml sont nécessaires pour dénombrer tout ce qui est passé dans les eaux de lavage.

Pour réaliser nos déterminations, nous nous sommes basés sur des planches taxonomiques empruntées à différents auteurs et représentées sur les figures 3 et 4 pour les kystes de divers Protoperidinium et sur les figures 5 et 6 pour les kystes de divers Gonyaulax.

### 3 - Cycle biologique des dinoflagellés

Nous présentons dans les figures 7 à 11 les schémas concernant les cycles biologiques de certains dinoflagellés afin de regrouper au maximum toutes les données possibles trouvées dans la bibliographie existante.

#### Règles générales

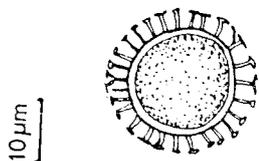
Tous les dinoflagellés présentent une reproduction asexuée, mais seuls ceux qui forment des kystes permanents (cellules dormantes) ont un cycle sexuel. A l'origine, les planozygotes donnent des hypnozygotes. Ces derniers, après une meiose, produisent des formes mobiles végétatives ou sexuées, ou les deux.

Cependant, ces règles générales sont soumises à variations selon les conditions du milieu. Si celles-ci sont défavorables, l'hypnozygote ne fait pas la meiose et reste enkysté quelques fois pendant plusieurs années (STEIDINGER et WALKER, 1984). En revanche, si les conditions sont favorables, l'hypnozygote produit des formes mobiles, même en quelques minutes (STEIDINGER et BADEN, 1984).

En résumé, deux types de formation de kystes doivent être retenus :

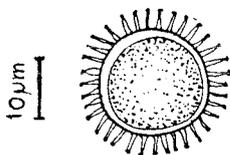
- une forme temporaire et réversible (kyste temporaire) soumise aux fluctuations des conditions du milieu (température, lumière,

*Scripsiella faeroense*

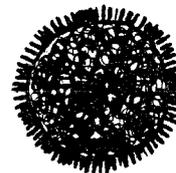


d. DODGE, 1982

*Scripsiella trochoidea*



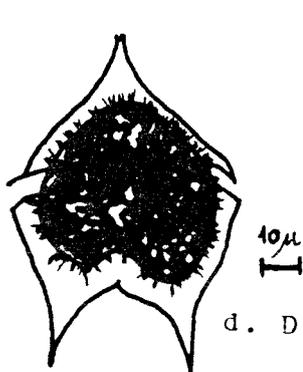
d. DODGE, 1982



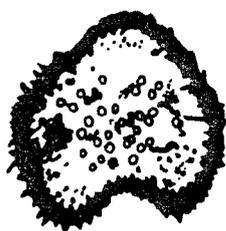
s/échelle  
d. DREBES, 1974

*Protoperidinium claudicans*

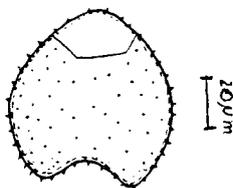
*Votadinium spinosum*



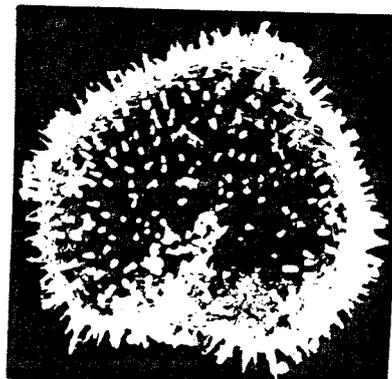
d. DALE, 1983



d. REID, 1977



d. DODGE, 1982



d. DODGE, 1985

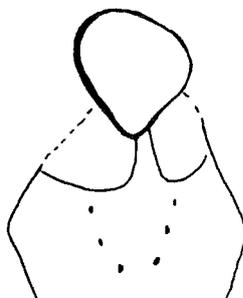
*Protoperidinium oblongum*

L=47-76 µm  
l=47-76 µm

*Votadinium calvum*

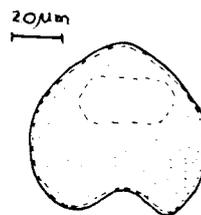


d. DODGE, 1985



s/ échelle

FUKUYO, 1980,81

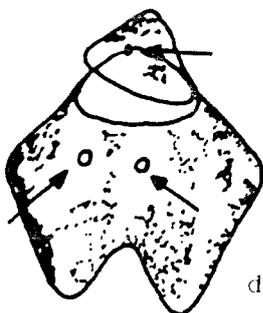


d. DODGE, 1982

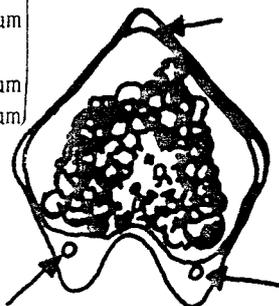
L=74-102 µm  
l=53-77 µm

L=62-84 µm  
l=56-74 µm

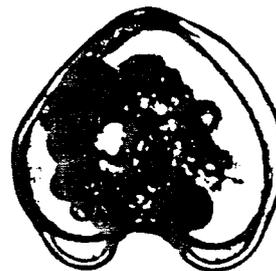
L=47-68 µm  
l=52-68 µm



d. DALE, 1983



d. DALE, 1983



10µ

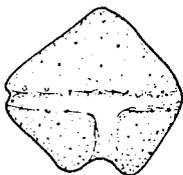
FIGURE 4

**Protoperidinium pentagonum**

*Trinovantedinium capitatum*



d. MATSUOKA, 1981



d. DODGE, 1982

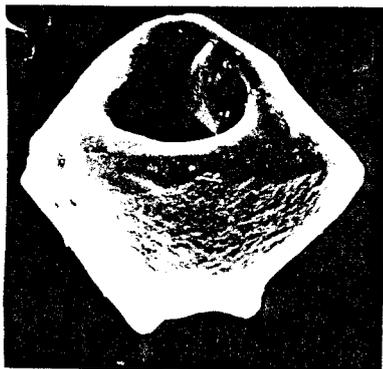
10µm



d. DODGE, 1985  
s/échelle

**Protoperidinium leonis**

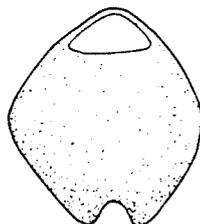
*Trinovantedinium sabrinum*



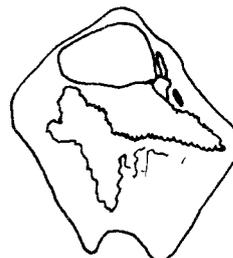
d. DODGE, 1985

L=52-72 µm  
l=53-76 µm

10µm



d. DODGE, 1982

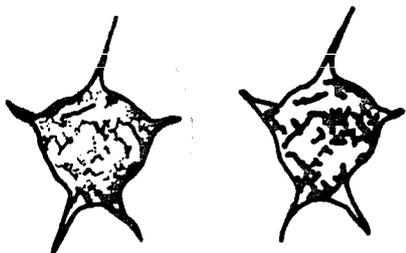


d. REID, 1977

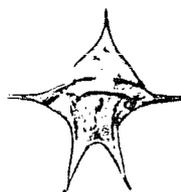
**Protoperidinium compressum**

*Stelladinium stellatum*

*Stelladinium reidii*



d. REID, 1977



d. MATSUOKA, 1981  
s/ échelle



d. REID & HARLAND, 1977  
s/ échelle

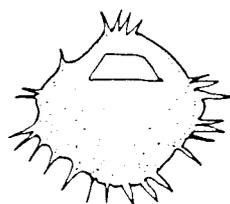
**Protoperidinium conicum**

*Multispinula quanta*

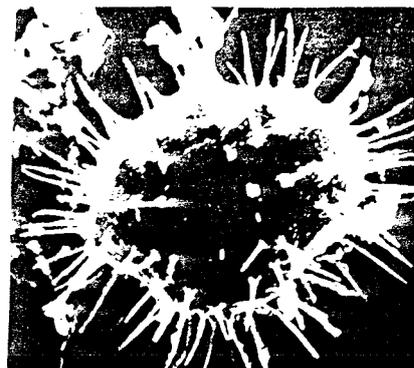


d. REID, 1977

10µm



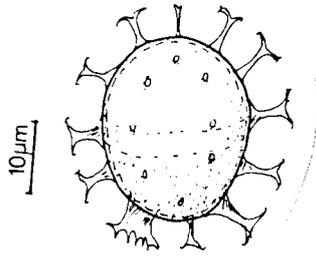
d. DODGE, 1982



d. DODGE, 1985  
s/échelle

*Gonyaulax scrippsae*

*Spiniferites bulloideus*



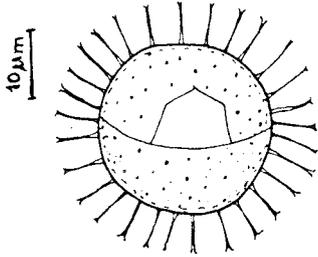
d. DODGE, 1982



d. DODGE, 1985

L=29-50 μm

l=27-40 μm



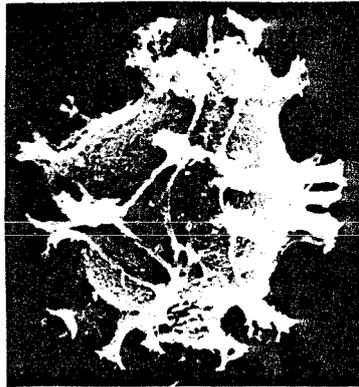
d. DODGE, 1982

*Gonyaulax grindleyi*

*Operculodinium centrocarpum*

*Gonyaulax digitale*

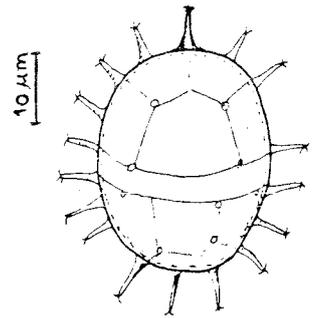
*Spiniferites bentori*



d. DODGE, 1985

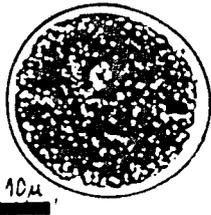
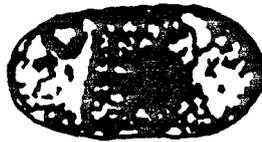
L=58-69 μm

l=52-55 μm



d. DODGE, 1982

*Gonyaulax excavata*

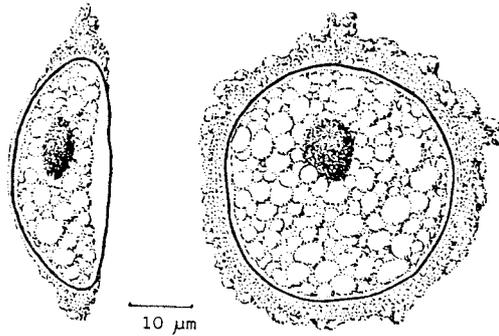
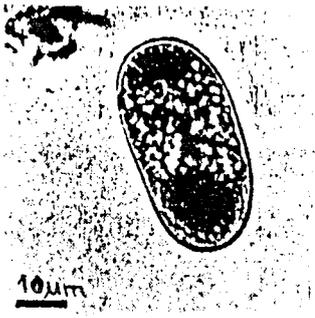


d. DALE, 1983

10 μm

d. REID, 1977

FIGURE 6.

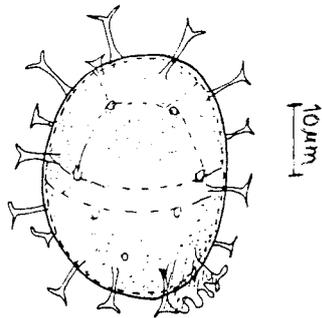


*Gonyaulax tamarensis*

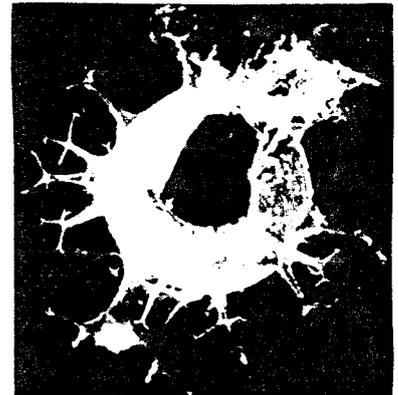
d. BLANCO *et al.*, 1985

*Gonyaulax spinifera*

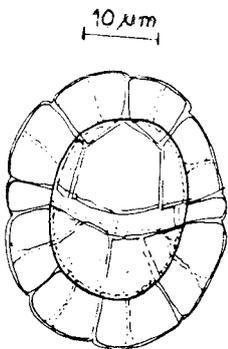
*Spiniferites mirabilis*



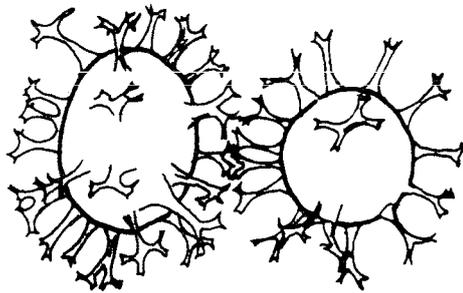
d. DODGE, 1982



d. DODGE, 1985



d. DODGE, 1982



s/ échelle

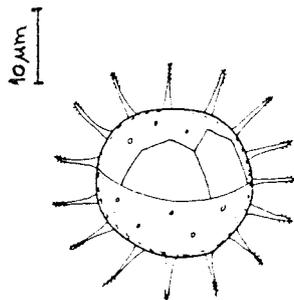
d. MARGALEF, 1956

*Gonyaulax* groupe *spinifera*

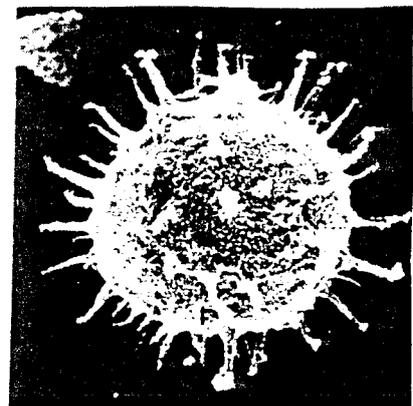
*Nematosphaeropsis labyrinthea*

*Gonyaulax polyedra*

*Lingulodinium machaerophorum*



d. DODGE, 1982



d. DODGE, 1985

Ø=31-50 μm

FIGURE 7

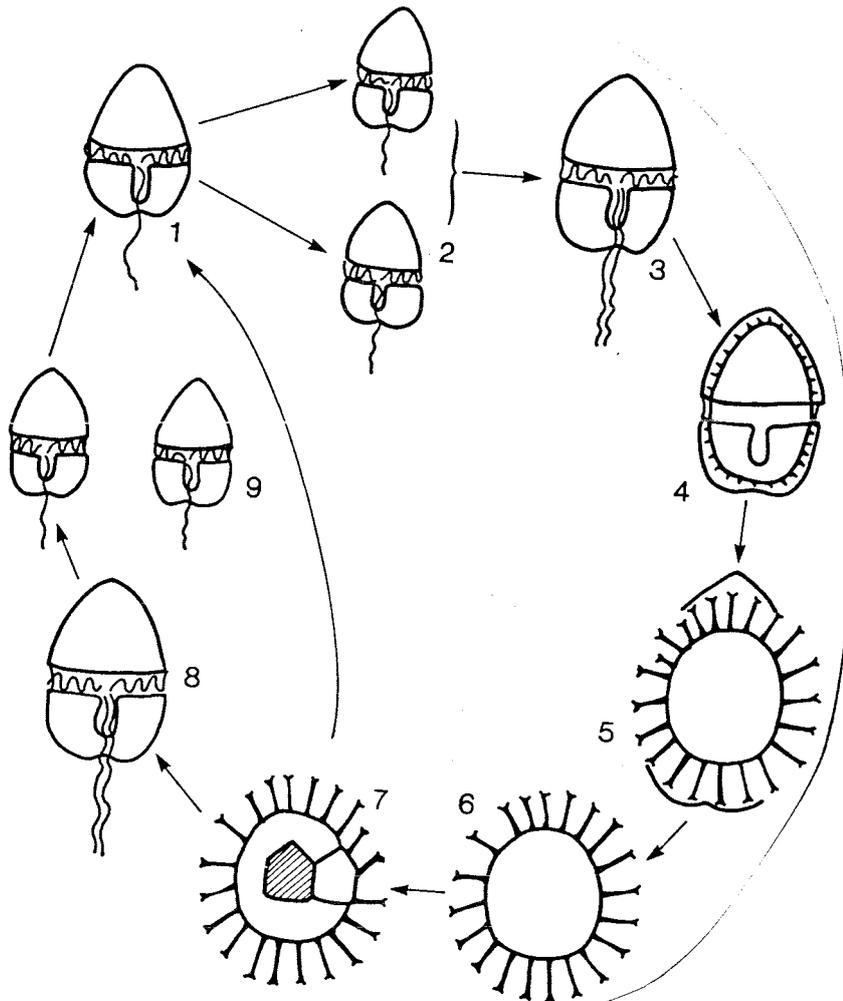


Diagramme schématique du cycle sexuel type des dinoflagellés produisant des kystes comme hypnozygotes (basé sur le travail de VON STOSCH).

Forme planctonique mobile (1) produisant des gamètes (2) dont la fusion donne un planozygote (3). Celui-ci perd éventuellement sa mobilité, commence la formation du kyste (4) et peut continuer (5) par expansion plutôt que par contraction du kyste, produisant des kystes dormants (hypnozygotes) (6). Le dékystement (7) peut produire un planozygote (8), comparable à (3), qui par division réduite (9) reproduit la forme (1) tandis que dans d'autres espèces, l'étape (9) se déroule pendant l'enkystement ce qui permet un passage direct vers la forme (1).

D'après DALE, 1983.

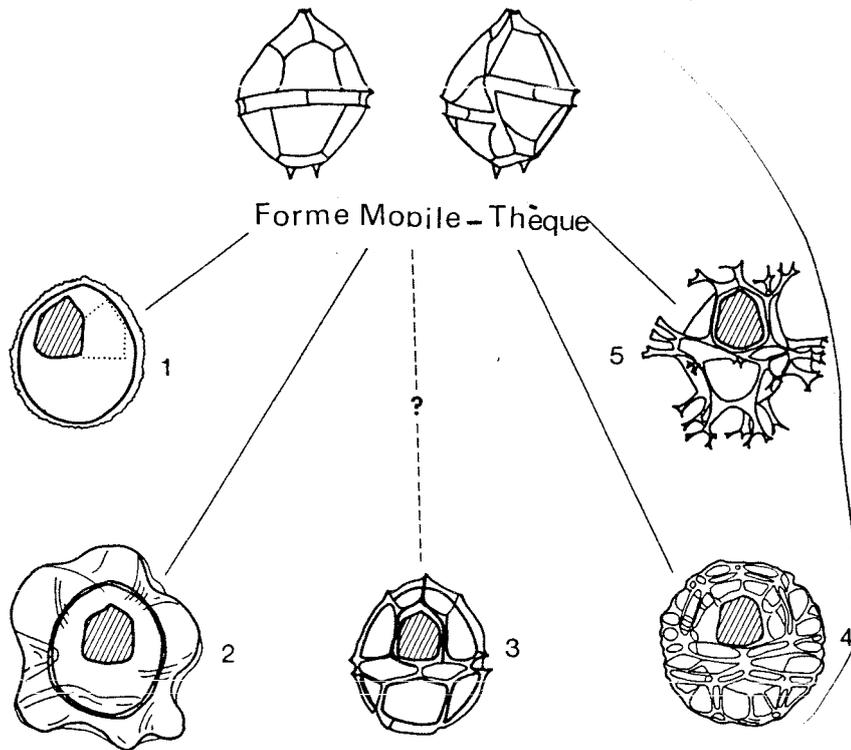
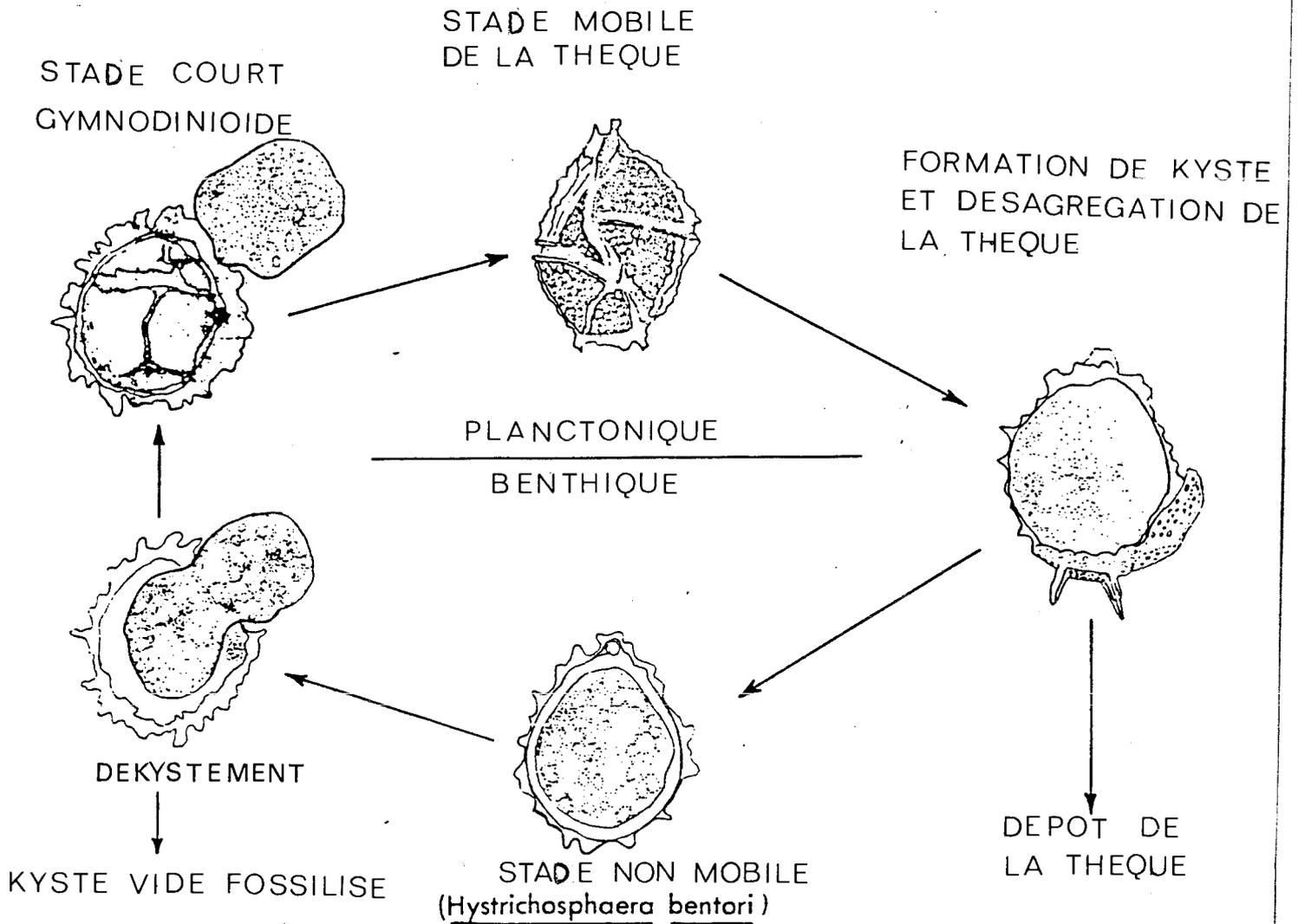


Diagramme illustrant la grande variété morphologique des kystes trouvés dans le groupe des Gonyaulax spinifera. Les formes mobiles obtenues à partir des kystes 1, 2, 4 et 5 sont connues pour avoir la même morphologie thecale de base. Cela reste une supposition pour le kyste 3.

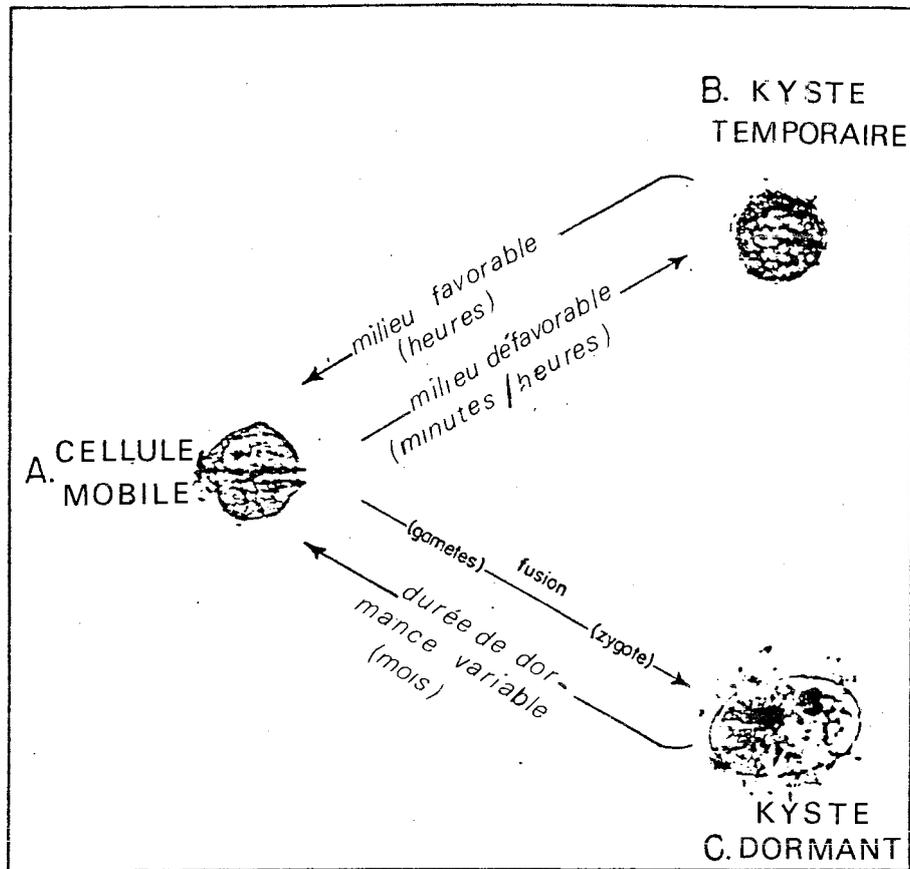
Les kystes illustrés ici représentent les genres de kystes de dinoflagellés décrits en paléontologie.

- 1 - Tectatodinium (1 p archeopyle - plusieurs espèces) ou Bictectatodinium (2 p archeopyle - une espèce).
- 2 - Planinos phaeridium (une espèce).
- 3 - Impagidinium (plusieurs espèces).
- 4 - Nematosphaeropsis (plusieurs espèces).
- 5 - Spiniferites (à la fois 1 p et 2 p archeopyles - plusieurs espèces).

(d'après DALE, 1983).



Cycle sexuel de *Gonyaulax digitalis* (from WALL et DALE, 1968)  
d'après WILLIAMS, SARJEANT and KIDSON, 1973.

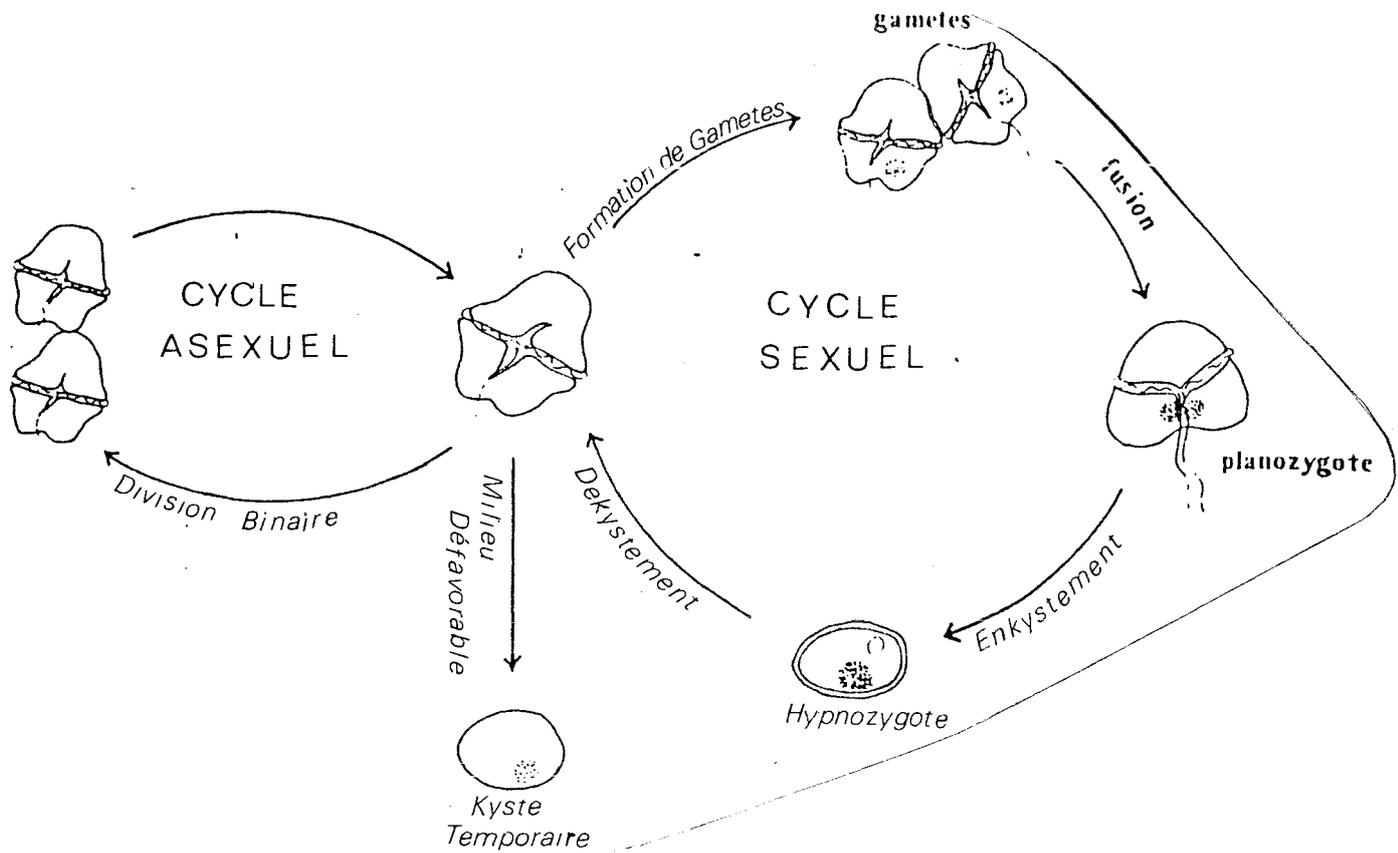


Cycle de vie de *Gonyaulax excavata*

- A - Cellule mobile prélevée à partir des échantillons du plancton de Monnegan Island, Maine
- B - Kyste temporaire produit à partir d'une culture de cellules mobiles
- C - Kyste dormant prélevé dans le sédiment de Monnegan Island, Maine.

D'après YENSTCH et al., 1980.

FIGURE 11



Cycle de vie représentatif d'une forme libre de dinoflagellé. La phase sexuelle a été décrite pour 23 espèces. Les cycles biologiques sont plus complexes chez les espèces parasites, symbiotiques et océaniques, d'après DALE, 1983.

stress) et révélée chez des espèces comme Gonyaulax excavata, Gonyaulax tamarensis, Gyrodinium uncatenatum par ANDERSON (1978), SCHMITER (1979), ANDERSON et WALL (1978), ANDERSON et al. (1985, FRITZ et TRIEMER (1985) ;

- une forme hivernale correspondant à un cycle sexuel saisonnier (hypnozygote) est obtenue à partir d'un premier stade zygotique : le planozygote. Le retour aux formes libres (à division végétative ou sexuée) se fait par un retour au stade planozygote avec ou non émission de gamètes. Le cycle sexuel des Protogonyaulax a été décrit par de nombreux auteurs : WILLIAMS et al., 1973 ; FUKUYO, 1975 ; DALE, 1977 ; DALE et al., 1978 ; TURPIN et al., 1978 ; FUKUYO, 1979 ; LEWIS et al., 1979 ; YENTSCH et al., 1980 ; LEWIS et al., 1985 ; WALL et DALE, 1969) pour Pyrodinium bahamense, bien qu'il soit pratiquement impossible d'identifier les gamètes (cellules plus ou moins sexuées) (YOSHIMATSU, 1981).

De même, la germination (dékystement) a été l'objet d'études multiples (WALL et al., 1970) pour Peridinium trochoideum, (WALL et DALE, 1969) pour Pyrodinium bahamense, (ANDERSON et WALL, 1978 ; ANDERSON, 1978 ; ANDERSON et MOREL, 1979 ; SCHMITER, 1979 ; ANDERSON, 1980 ; OSHIMA et al., 1985 ; FRITZ et TRIEMER, 1985) pour les Protogonyaulax (G. tamarensis, G. excavata et G. catenella) et (TYLER et HEINBOKEL, 1985) pour Gymnodinium pseudopalustre.

FUKUYO (1977) et REID (1972) ont mis en culture ces différentes espèces pour vérifier les correspondances entre les thèques des formes mobiles et les kystes étudiés.

Les échantillons de sédiment mis en "culture" ont été étudiés en fonction de nombreux paramètres comme : température, salinité, sels nutritifs (spécialement le phosphore), lumière et métaux traces (ANDERSON et LINDQUIST, 1985).

### III - ETUDE PARTICULIERE DE LA BAIE DE VILAINE

#### 1 - Courants résiduels

D'une façon générale, sous l'action des courants, des vents ou de la houle, les particules solides qui forment les sédiments que l'on rencontre dans les fleuves et le long des littoraux peuvent être arrachées des fonds, entraînées en suspension ou en charriage sur des distances plus ou moins grandes et déposées dans les zones calmes (MIGNOL, 1977). Il est donc facile d'imaginer que les kystes de dinoflagellés (ou d'autres flagellés - IMAI, 1984) dont la taille moyenne (50-60 µm) les apparente à la strate 60 (fraction fine X 60 µm) subissent le transport de ces particules (TYLER et al., 1982 ; DALE, 1983 ; ANDERSON et al., 1982).

De mars à septembre 1984, DE NADAILLAC et BRETON (1985) ont réalisé une campagne courantométrique afin de connaître l'hydrodynamisme de la baie de Vilaine.

Il ressort de cette étude que les courants résiduels ont plusieurs origines :

- courants de continuité dus aux flux d'eau à la sortie de la baie ;
- courants de densité dus au gradient de densité ;
- courants résiduels de marée ;
- courants dus au vent pour les périodes supérieures à 25 heures.

Ils sont liés en baie de Vilaine au vent plutôt qu'au cycle de morte-eau/vive-eau de la marée et ils peuvent atteindre 30 à 40 cm/s sur le plateau de la recherche (par exemple pour un vent de sud-ouest).

Des secteurs théoriques ont été tracés (fig. 12) et les débits résiduels au travers de ces secteurs répondent au vent suivant les schémas proposés sur la figure 13. La circulation semble giratoire. Par vent de sud-ouest, l'eau de surface rentre près de la pointe de Piriac et ressort sur le plateau de la recherche. Par vent d'ouest, le sens est inversé. La circulation au fond est opposée à celle de surface en cas de stratification (salinités et températures différentes et par conséquent densités différentes entraînant un comportement des couches spécifiques au point de vue de l'hydrodynamique). Cette situation est vraisemblablement arrivée à la fin juin 1985 où les résultats obtenus à partir des campagnes estivales en baie de Vilaine ont montré une brutale diminution des fortes densités de Dinophysis enregistrées le 18.06.85 (LASSUS et al., 1986).

## 2 - Sédimentologie

MAILLOCHEAU (1980) a montré que les séries sédimentaires sont rares dans la région de la baie de Vilaine (fig. 14). Les plus anciennes sont les calcaires nummulites éocènes, en contact avec le sol hercynien. Les sédiments actuels sont uniquement pélitiques. Ces sédiments sont ceux qu'on retrouve dans l'estuaire. L'absence de pyrophyllite dans la zone de l'estuaire, dont la présence a été mise en évidence par M. LAFOND dans le cours supérieur et moyen du fleuve, prouverait que l'origine des sédiments est essentiellement marine. Le cortège argileux des vases de l'estuaire est constitué d'illite, de kaolinite, et de peu de chlonite, souvent mal cristallisée.

La figure 15 montre deux phénomènes d'évolution des fonds meubles de la baie de Vilaine. Le premier est un ensablement des chenaux vaseux de la varlingue et de la Grande-Accroche, le "delta" sous marin s'est élargi et étalé depuis 1962 d'après GLEMAREC (1969) et in : MASTOURI (1986). Le second paramètre est à l'inverse un

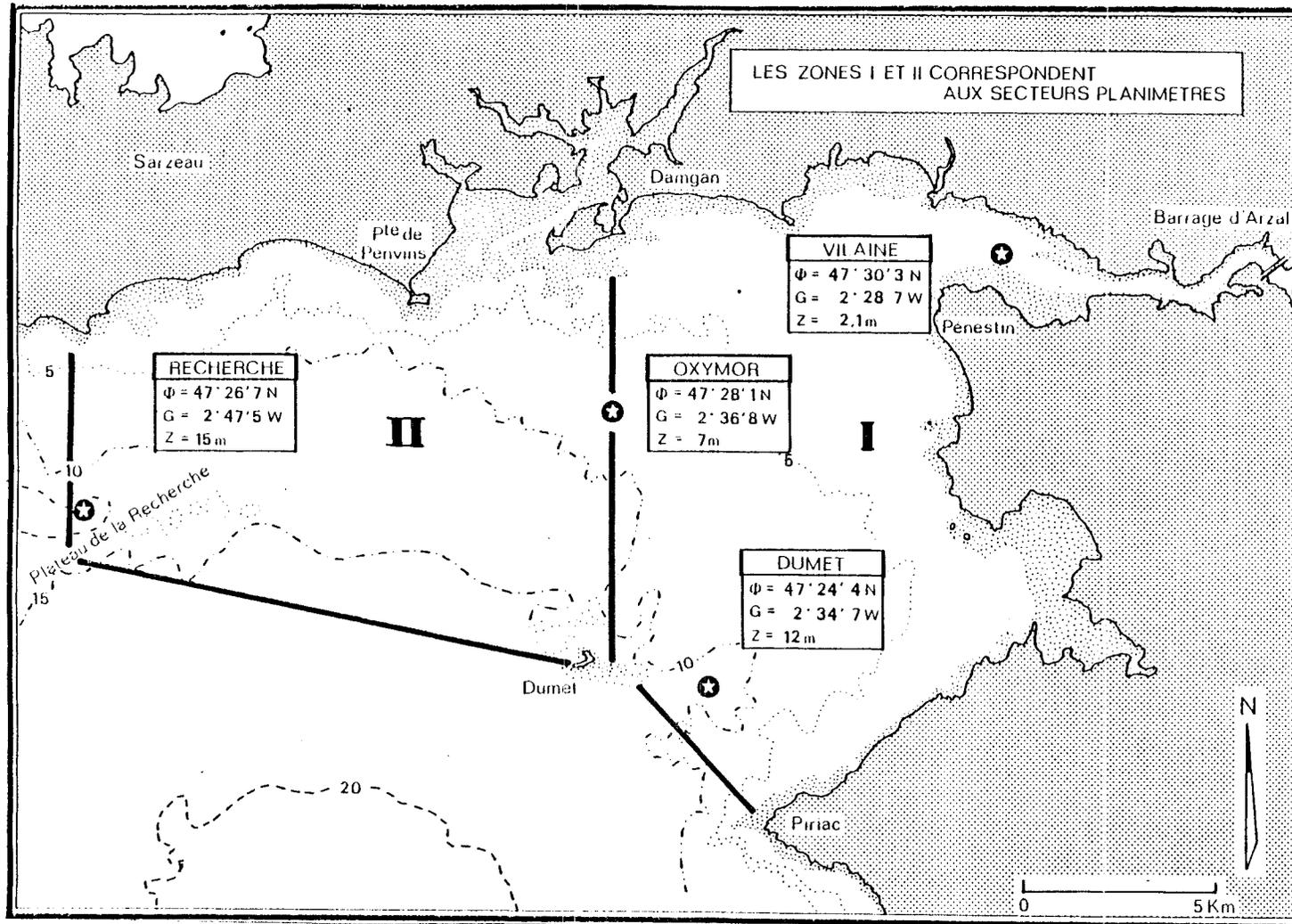
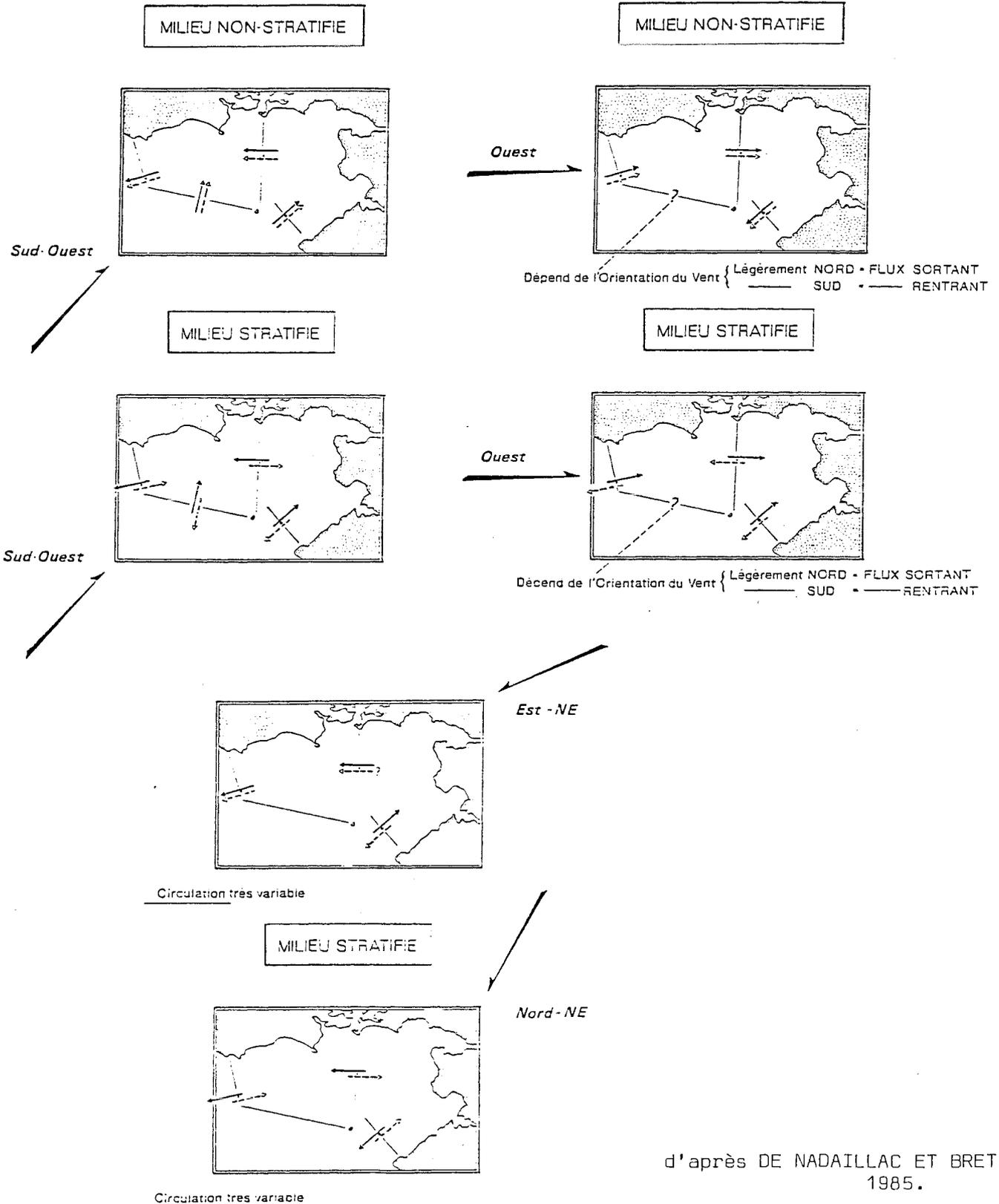


Figure 12.- Etude des courants en Baie de Vilaine. Indications principales sur les mesures prises par le SHOM, d'après DE NADAILLAC et BRETON, 1985.

# SCHEMA DE CIRCULATION RESIDUELLE DUE AU VENT

← Surface  
 ←--- Fond



d'après DE NADAILLAC ET BRETON, 1985.

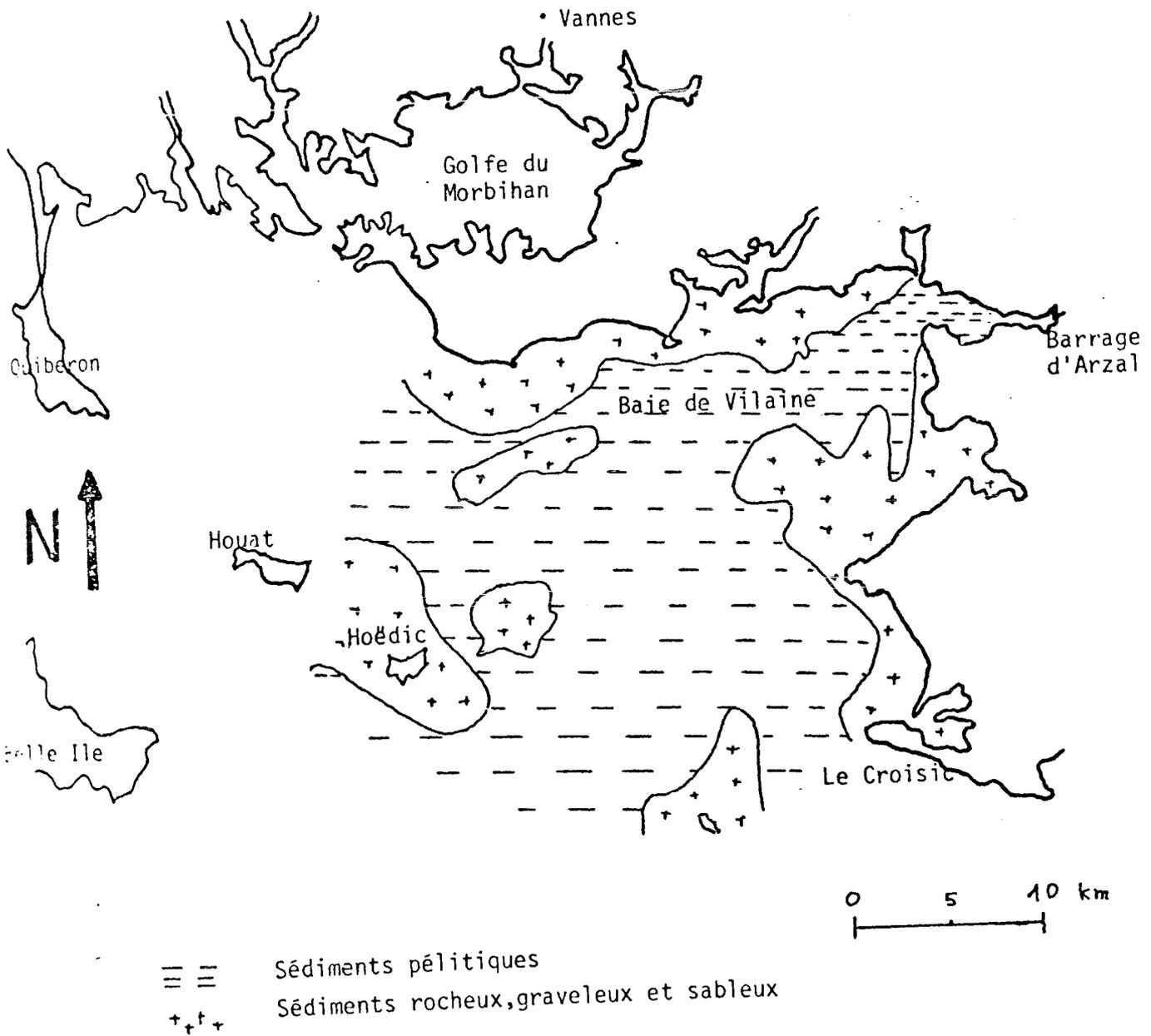
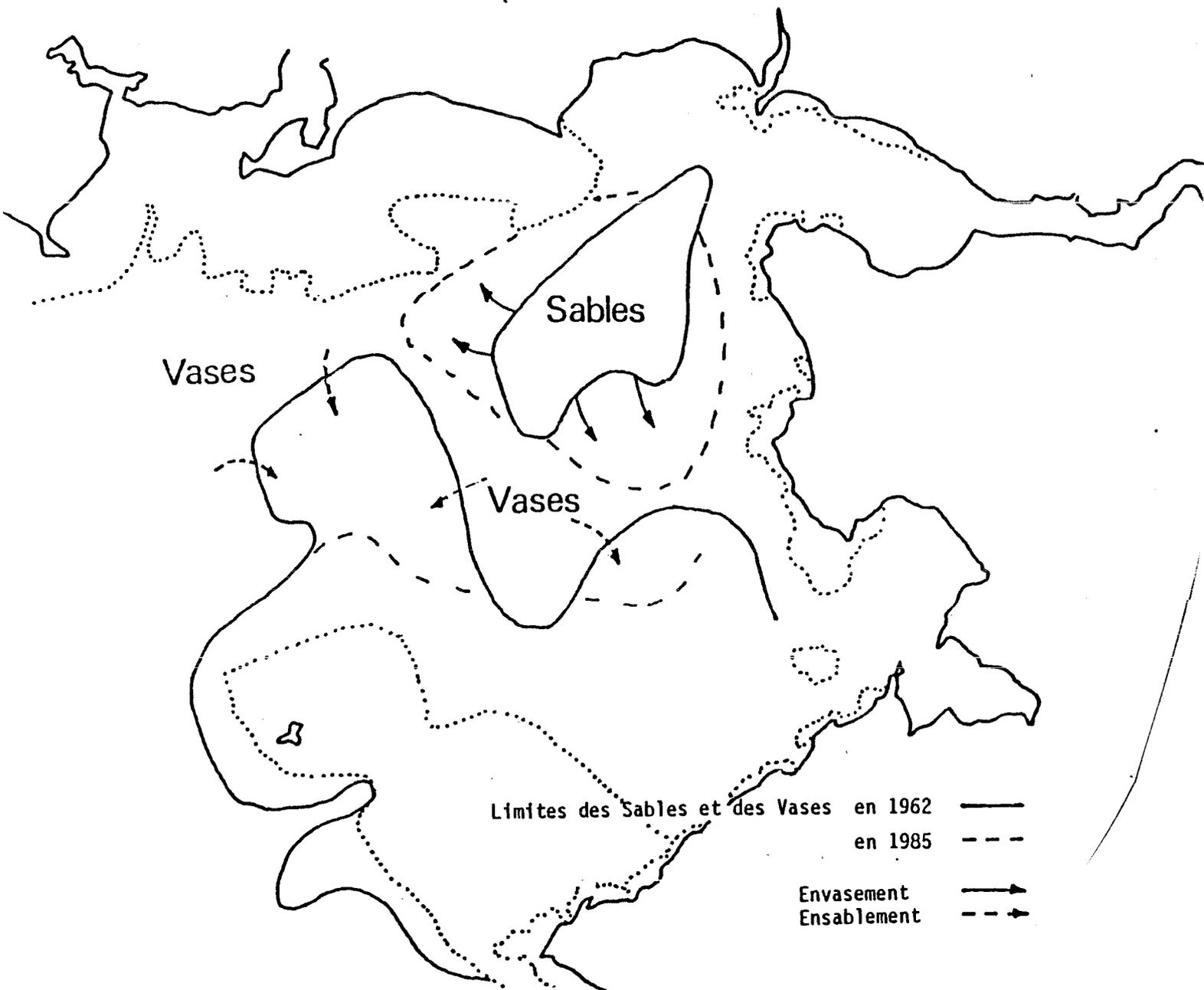


Figure 14.- Sédimentologie de la baie de Vilaine, d'après VANNEY, 1965 et BOUYASSE, 1966 (in : MAILLOCHEAU, 1980).



Evolution des fonds meubles de la baie de Vilaine entre 1962 et 1985 (d'après LE BRIS, 1975).

envasement des sables hétérogènes au nord du plateau de Piriac/Ile Dumet. Ces deux aspects, peut être indépendants, restent dans l'état actuel des connaissances difficiles à expliquer. On pourrait se poser la question de savoir si ces configurations sont en relation directe avec une modification de l'hydrodynamisme due à l'édification du barrage d'Arzal ou bien s'il s'agit d'une évolution complètement indépendante ? (QUEGUINER et al., 1985). Quoiqu'il en soit, l'augmentation notable de la surface recouverte par les sédiments fins en 20 ans est un élément important dans la compréhension des phénomènes de "piégeage" des organismes phytobenthiques et en particulier les kystes de dinoflagellés.

### 3 - Formes mobiles de dinoflagellés : variations saisonnières par espèce depuis 1982

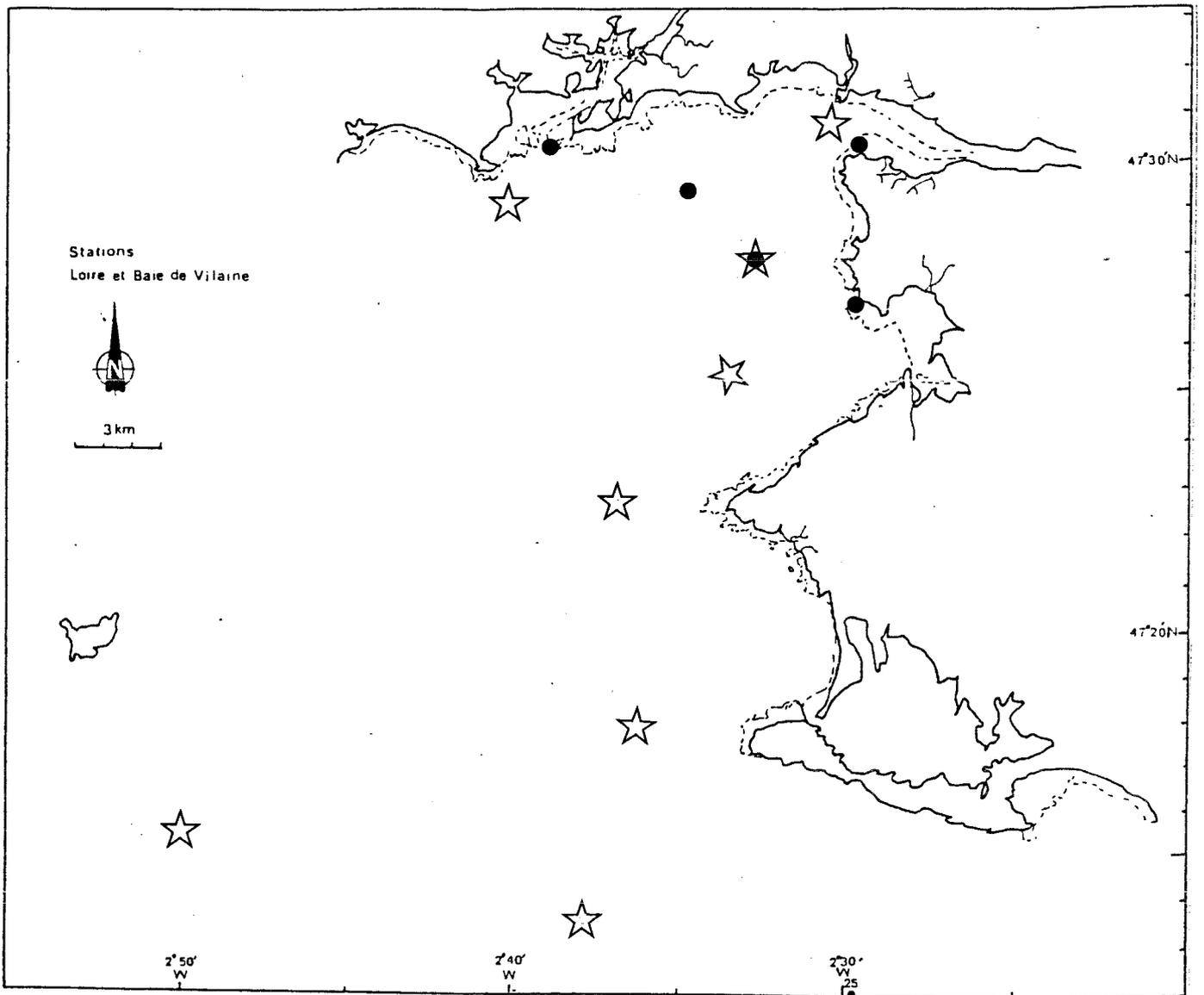
Depuis 1981-1982, un programme de surveillance de la baie de Vilaine a été lancé par l'I.S.T.P.M., à la suite des phénomènes "d'eaux colorées" apparus en juin 1978 et juillet 1981. Dans les deux cas, des intoxications de type diarrhéique avaient été observées, tandis que d'importantes mortalités de poissons avaient été signalées en 1982 dans la même zone (ANDRESEN-LEITAO et al., 1983). Cependant ce programme n'a pris son ampleur qu'à partir de 1983, lorsque le dinoflagellé responsable a pu être identifié.

En été 1983, de nombreux cas d'intoxication alimentaire ont été signalés chez les personnes ayant consommé des coquillages (PIERRE et LASSUS, 1983). La contamination des coquillages serait due à une espèce du phytoplancton appartenant à la famille des dinoflagellés : Dinophysis acuminata, ce genre ayant déjà été décrit comme étant à l'origine du D.S.P. (Diarrheic Shellfish Poison) (KAT et al. 1982).

C'est donc à la suite de ces contaminations qu'une étude a été proposée afin de mieux connaître les facteurs biotiques et abiotiques ayant favorisé le développement de ces algues microscopiques et ceci au moins en baie de Vilaine (PIERRE, 1984).

Un tableau comparatif des principales espèces de dinoflagellés en baie de Vilaine, en 1983 et 1984 (fig. 16) est présenté dans le but de distinguer leurs périodes d'abondances maximales (tableau 2). En 1983, l'abondance maximale de dinoflagellés se vérifie au mois de juillet pour plusieurs espèces, alors qu'en 1984 les populations semblent plus étalées en arrivant aux mois de juin et juillet à plus de 10 000 cellules/litre et pour quelques autres espèces en août.

Afin de connaître le cycle évolutif des espèces de dinoflagellés en baie de Vilaine, une étude sur les formes de résistance a été commencée parallèlement à celle des espèces mobiles.



Localisation des stations échantillonnées pour le phytoplancton en 1983 (●) et en 1984 (☆).

DINOFLAGELLES	1983		1984	
	M	ABONDANCE	M	ABONDANCE
<i>Prorocentrum triestinum</i>	Juillet	++++		
<i>Prorocentrum micans</i>	Juillet	++++	Août	++++
<i>Prorocentrum</i> sp	Juin	+++	Juin	++
<i>Dinophysis acuta</i>			Septembre	+
<i>Dinophysis rotundata</i>	Juillet	+++	Juillet	+
<i>Dinophysis acuminata</i>	Juin	++++	Juillet	++++
<i>Dinophysis</i> sp	Juin	+++	Juillet	+++
<i>Amphidinium</i> sp	Juin	+++	Juin/Juil.	+++
<i>Gymnodinium</i> sp	Juillet	++++	Août	++++
<i>Gyrodinium</i> sp			Mai	+++
<i>Warnowia</i> sp	Août	+		
<i>Polykrikos schwartzii</i>	Juin	+++	Juillet	+
<i>Noctiluca miliaris</i>	Juillet	+++	Juillet	++
<i>Heterocapsa triquetra</i>	Juillet	+++	Avril	++++
<i>Diplopeltopsis minor</i>	Juillet	++++	Juin	+++
<i>Diplopsalis</i> sp	Juillet	+	Juin	++
<i>Scrippsiella faeroense</i>	Juin	++++	Juillet	++++
<i>Minuscula bipes</i>	Juillet	+++	Septembre	+++
<i>Protoperidinium conicum</i>			Août	+
<i>Protoperidinium pyriforme</i>			Juil./août	+
<i>Protoperidinium steinii</i>	Juillet	+++	Août	++
<i>Protoperidinium quinquecorne</i>	Juillet	+	Avril	++
<i>Protoperidinium minimum</i>	Août	+		
<i>P. petite taille</i>	Juillet	++++	Juin	++++
<i>P. grande taille</i>	Juillet	++++	Juillet	+++
<i>Gonyaulax grindleyi</i>	Juillet	+++	Août	+
<i>G. triacantha</i>	Mai	+++	Avril	+
<i>G. digitale</i>	Août	+++	Juin	++
<i>G. spinifera</i>	Juillet	++++	Juin	+++
<i>Gonyaulax</i> sp	Juillet	++++	Juin	++
<i>Ceratium fusus</i>	Juillet	+++	Juil./août	++
<i>C. furca</i>	Juillet	+++	Août	+
<i>C. lineatum</i>	Juin	+	Septembre	+
<i>C. minutum</i>	Juillet	++		
<i>C. horridum</i>	Août	+	Juillet	+
<i>C. macroceros</i>	Juillet	+	Juillet	+
<i>C. tripos</i>	Juillet	+	Septembre	+
<i>Ceratium</i> sp	Juillet	+		

+ < 500  
 ++ 500 - 1 000  
 +++ 1 000 - 10 000  
 ++++ > 10 000

Distribution saisonnière des maxima d'abondance des dinoflagellés observés en baie de Viliane en 1983 et 1984.

#### 4 - Résultats 1986

Les stations de prélèvement hivernales ont été choisies en suivant la radiale déjà utilisée en 1984 et 1985 pour les prélèvements de phytoplancton afin de comparer l'évolution des formes libres et enkystées au cours de l'année.

Dans le but de mettre au point une méthode de dénombrement pour les kystes de dinoflagellés en baie de Vilaine, plusieurs méthodes décrites dans la bibliographie ont été testées. Malheureusement en raison du manque de précision dans ces descriptions, il nous a fallu adapter une méthode déjà existante (LEWIS et al., 1985).

Dans les échantillons prélevés par les pièges à particules, nous avons sous-échantillonné à différents niveaux du flacon (matériel stocké à 4°C) en surface, au fond et au milieu à chaque fois qu'il y avait du matériel sédimentologique en quantité suffisante (environ 500 ml). Un dernier sous-échantillon était réalisé avec le sédiment homogénéisé. Pour la méthode de dénombrement nous avons utilisé celle qui est décrite dans le chapitre 2. Des comptages ont été faits afin de comparer ces sous-échantillons. En effet, nous avons vérifié que la différence des effectifs était significative ce qui obligeait donc à ne prendre en compte que les résultats du dénombrement des sous-échantillons homogénéisés (tableau 3).

Nous avons également essayé de savoir si, dans les particules inférieures à 20  $\mu\text{m}$ , il pouvait y avoir encore des kystes et si les effectifs étaient significatifs au point de devoir compter toutes les fractions granulométriques. Dans un échantillon, dix sous-échantillons ont été pris au hasard, dénombrés d'après la méthode déjà décrite et la fraction inférieure à 20  $\mu\text{m}$  examinée dans une cuve quadrillée de 1 ml de volume. Dans les dix sous-échantillons qui ont été comptés de cette façon, nous n'avons trouvé des kystes de dinoflagellés que dans trois cuves et toujours en nombre inférieur à 0,3 % du total, ce qui confirme la taille de la fraction granulométrique associée aux kystes (tableau 4).

Jusqu'à présent les groupes : Peridinales et Gymnodinales ont été trouvés et nous attendons une confirmation systématique détaillée des spécialistes en kystes de dinoflagellés.

La figure 17 représente d'une façon globale les résultats obtenus à partir des campagnes en Vilaine de l'été 1986. Elle montre la grille des prélèvements effectués en baie de Vilaine pendant la période estivale comprise entre le 15.06.86 et le 10.09.86. Ces échantillons ont été prélevés au moyen de pièges à particules. L'absence de résultats dans les figures ne révèle pas l'absence de kystes de dinoflagellés, mais traduit le manque de prélèvement. Ainsi, dans certaines figures nous ne présenterons que les résultats obtenus à une seule station. En ce qui concerne les stations "Castouillet",

		SOUS ECHANT.	15.06.1986	04.07.1986	15.07.1986	29.07.1986	13.08.1986	29.08.1986	05.09.1986	10.09.1986	12.09.1986
(1) MATS	HOMOG	529	183	536	623	240	18	165	137		
	FOND	273	288	338	877						*
	SURFACE	507	228	182	736						
	MILIEU	317			724						
(2) BORENIS	HOMOG	200			41	144	28	78	25		
	FOND	166	*	*							*
	SURFACE	143									
(3) ILE DUMET	HOMOG	69			77	184	11	109	67		
	SURFACE	109	*	*							*
(4) BAYONNELLES	HOMOG						51	97	67		*
(5) CASTOUILLET	HOMOG						16	37	*		30
(6) GOUE VAS DU FOUR	HOMOG							137	*		45

Tableau 3.- Nombre de kystes recueillis sur les pièges à particules en 1986. Effectifs exprimés pour 0,5 g de sédiment et par semaine.

(\* ) absence de prélèvement

	(a)	(c) cuve 1	(c) cuve 2	(c) cuve 3	(c) cuve 4	(c) cuve 5	(c) TOTAL	(b) < 20 µm	(d) FUKUYO
BAIE DE VILAINE	12 (1)	680	589	352	233	107	1961	2 cc	-
	12 (2)	738	467	159	160	75	1599	1 cc	2
	12 (3)	413	269	162	87	48	979	1 cc	3
	12 (4)	417	241	133	73	19	883	0.5 cc	-
SORTIE DU	12 (5)	323	468	109	74	93	1067	2.5 cc	-
25 NOVEMBRE 1986	12 (6)	630	311	161	96	44	1242	0.5 cc	-
	12 (7)	551	361	274	56	60	1302	0.5 cc	3
	12 (8)	645	303	287	196	190	1621	0.5 cc	-
	12 (9)	112	84	139	147	101	583	0.5 cc	-
	12 (10)	247	247	201	101	61	860	0.5 cc	-

Tableau 4.- Dénombrement des kystes totaux de dinoflagellés dans les différents niveaux d'un même échantillon et pour toutes les eaux de rinçage réalisées à partir du sédiment filtré sur tamis de 20 µm.

(a) Echantillon pris au hasard dans le pillulier

0,5 ml de sédiment (petite seringue)

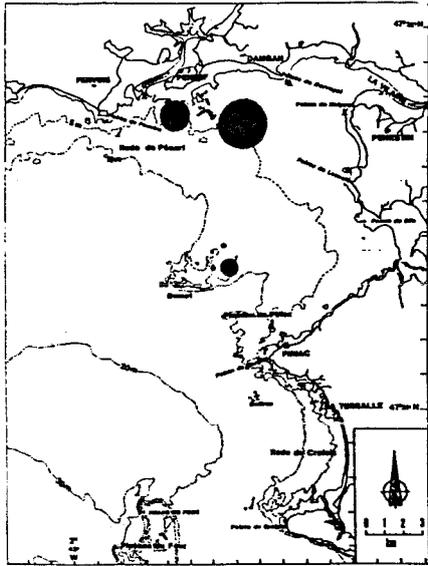
sédiment passé aux ultrasons, ensuite tamisé à 20 µm.

(b) < 20 µm dans une éprouvette et au bout de 24 heures, observé le volume sédimenté.

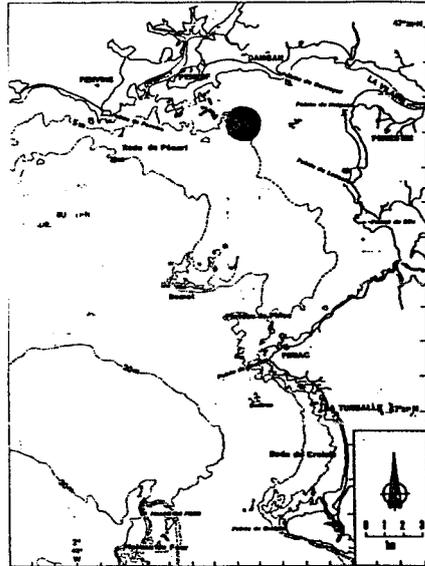
(c) > 20 µm réparti dans 5 cuves de 10 cc (Methode Uthermöhl). Microscope inversé.

(d) Le sédiment qui est resté dans la petite "boîte de pétri" a été récupéré avec 1 ml d'eau distillée et mis dans une cuve quadrillée de 1 ml de volume (FUKUYO), afin d'être examiné au microscope droit.

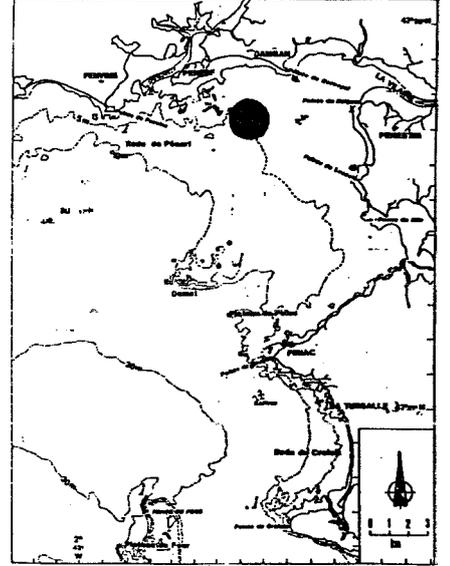
FIGURE 17



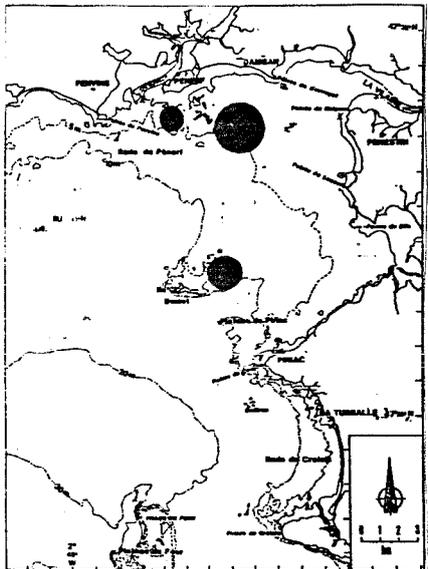
15.06.86



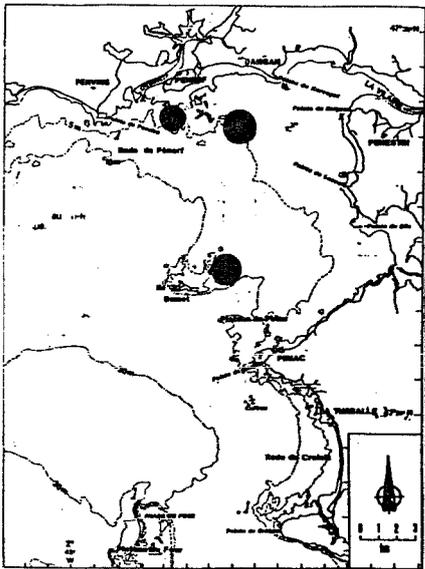
04.07.86



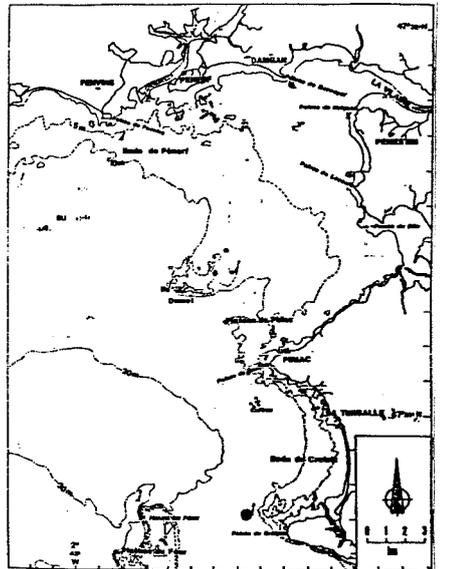
15.06.86



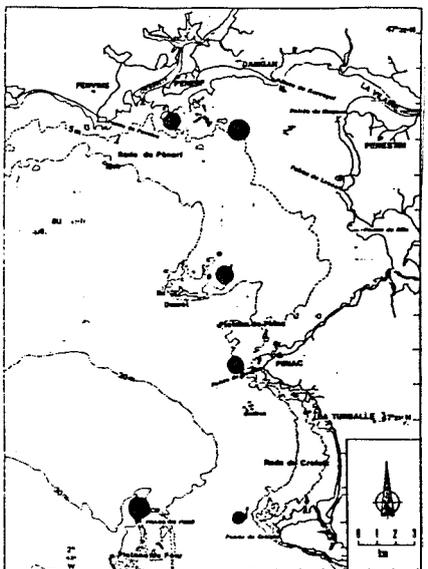
29.07.86



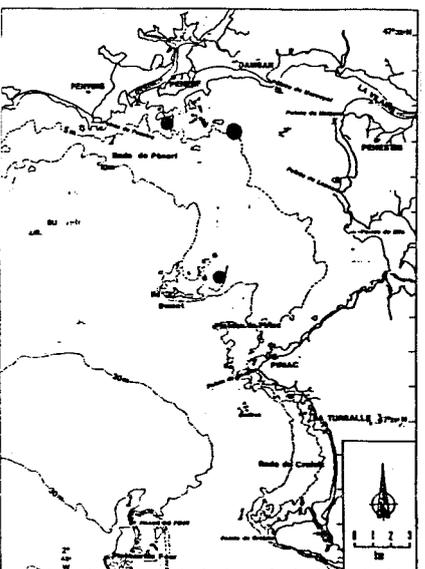
13.08.86



29.08.86



05.09.86



10.09.86

- 500 cels/0,5 g de sed.
- 1000 cels/0,5 g de sed.
- 1500 cels/0,5 g de sed.
- 2000 cels/0,5 g de sed.

"Bayonnelles" et "Bouée du Four", leurs fixations n'ont été faites que le 13.08.86 ce qui justifie leur apparition dans les figures seulement à partir du 05.09.86.

D'après les résultats obtenus, nous observons que les effectifs diminuent dès le mois de septembre 1986.

En ce qui concerne les stations retenues jusqu'à présent, il serait intéressant d'augmenter leur nombre vers l'intérieur de la baie, ce qui nous permettrait d'évaluer plus strictement l'importance des apports de masses d'eaux de la Vilaine, de la Loire ainsi que ceux du large.

## 5 - Discussion

L'absence de kystes de certaines espèces de dinoflagellés en baie de Vilaine peut être contrôlée par différents facteurs.

### **Des facteurs physiques**

Si nous considérons un kyste comme une particule sédimentaire, son comportement face à l'hydrodynamisme sera identique. Un remaniement est donc inévitable, du fait de la taille même du kyste.

Dans ce cas, les kystes pourraient se trouver dans la colonne d'eau. Selon GOULEAU (1975) la quantité de matériel en suspension en baie de Vilaine est très importante, selon les conditions de marée, tandis que d'après BOUYASSE (1966) in MAILLOCHEAU (1980) le taux de sédimentation est très faible tout au moins avant la fermeture du barrage d'Arzal en 1974.

### **Un facteur d'ordre éthologique**

STEIDINGER (1983) et DALE (1983) ont montré que quelques espèces de dinoflagellés n'ont pas de reproduction sexuelle, surtout les espèces océaniques. Par ailleurs, STEIDINGER et WALKER (1984) expliquent que d'après les conditions de mise en culture, les dinoflagellés peuvent dékyster entre 4 jours et 4 mois, selon l'espèce considérée. Enfin en laboratoire, la période de dormance peut être arrêtée avec l'augmentation de la température, l'altération de la luminosité, l'extrême turbulence et d'autres moyens (STEIDINGER et BADEN, 1984).

D'après le tableau 5 très peu d'espèces ont été étudiées au niveau de leurs cycles évolutifs. En baie de Vilaine, la plupart des formes mobiles trouvées, ne sont pas reconnues pour avoir un cycle sexuel à l'exception de Polykrikos schwartzii, Protoperidinium conicum, Gonyaulax grindleyi, G. spinifera, G. digitale, Ceratium horridum, Amphidinium carterae. Des kystes ont été retrouvés dans nos échantillons seulement pour les 5 premières espèces.

Dinoflagellés B.V. kystes trouvés	Dinoflagellés B.V. kystes absents	Dinoflagellés B.V. kystes présents for- mes mobiles absentes	Dinoflagellés B.V. non décrits pour former des kystes	Dinoflagellés qui ont un cycle sexuel dont les kystes ne sont pas trouvés en BV	Dinoflagellés qui ont un cycle sexuel dont les kystes ne sont pas trouvés en B. V.
:Polykrikos schwartzii:	Ceratium horridum	:Scriptiella trochoidea	Prorocentrum	:Diplopsalis lenticula:	Amphidinium carterae
:Protooperidinium	:Amphidinium carterae:	:Scriptiella faeroense:	triestinum	:Diplosalopsis	:Ceratium cornutum
:          conicum	:Diplopeltopsis minor:	:Gonyaulax excavata ?	:P. micans	:          orbicularis	:Crypthecodinium cohnii
:Gonyaulax grindleyi	:          :	:G. tamarensis	:Prorocentrum sp.	:Gonyaulax scrippsae	:Cystodinium bataviense
:G. spinifera	:          :	:G. polyedra ?	:Dinophysis acuta	:G. excavata	:Gambierdiscus toxicus
:G. digitale	:          :	:Protooperidinium	:D. acuminata	:G. polyedra	:Glenodinium
:          :	:          :	:          claudicans	:D. rotundata	:G. monilata	:          lubiniensiforme
:          :	:          :	:P. oblongum	:Dinophysis sp	:Gymnodinium species	:Gonyaulax monilata
:          :	:          :	:P. pentagonum	:Amphidinium sp	:Gyrodinium resplenders:	:Gymnodinium fungiforme
:          :	:          :	:P. leonis ?	:Gymnodinium sp	:Protooperidinium	:G. pseudopalustre
:          :	:          :	:P. compressum	:Gyrodinium sp	:          avellana	:Gyrodinium uncatenum
:          :	:          :	:          :	:Warnowia sp	:P. claudicans	:Helgolandidinium
:          :	:          :	:          :	:Noctiluca miliaris	:P. conicoides	:          subglobosum
:          :	:          :	:          :	:Heterocapsa triquetra:	:P. denticulatum	:Oxyrrhis marina
:          :	:          :	:          :	:Diplopsalis minor	:P. excentricum	:Peridinium cinctum f.
:          :	:          :	:          :	:Minuscula bipes	:P. latisimum	:          ovoplanum
:          :	:          :	:          :	:Protooperidinium	:P. minutum	:P. gatunense
:          :	:          :	:          :	:          pyriforme	:P. nudum	:P. willei
:          :	:          :	:          :	:P. steinii	:P. pentagonum	:P. volzii
:          :	:          :	:          :	:P. quinquecorne	:P. cf divergens	:Protogonyaulax catenella:
:          :	:          :	:          :	:P. minimum	:P. punctulatum	:Ptychodiscus brevis
:          :	:          :	:          :	:Gonyaulax triacantha:	:P. subinerme	:Symbiodinium
:          :	:          :	:          :	:Gonyaulax sp	:Pyrodinium bahamense	:          microadriaticum
:          :	:          :	:          :	:Ceratium fusus	:Pyrophacus horologium:	:Woloszynskia apiculata
:          :	:          :	:          :	:C. furca	:P. vancampoae	:          :
:          :	:          :	:          :	:C. lineatum	:Polykrikos kofoidi	:          :
:          :	:          :	:          :	:C. minutum	:Ensiculifera sp. cf.	:          :
:          :	:          :	:          :	:C. macroceros	:          mexicana	:          :
:          :	:          :	:          :	:C. tripos	:Scrippsiella sweenyae:	:          :
:          :	:          :	:          :	:Ceratium sp	:S. trochoidea	:          :
:          :	:          :	:          :	:          :	:          :	:          :
:          :	:          :	:          :	:          :	:d'après DALE 1983	:d'après STEINDINGER
:          :	:          :	:          :	:          :	:          :	1984

TABLEAU 5 - Espèces de dinoflagellés étudiées au niveau de leurs cycles évolutifs.

Les espèces Ceratium horridum, Amphidinium carterae et Diplopsalis minor sont présentes en baie de Vilaine et connues pour former des kystes. Malheureusement jusqu'à présent, les kystes n'ont pas été observés.

En ce qui concerne les espèces Scrippsiella trochoidea, Scrippsiella faeroense, Gonyaulax excavata, G. tamarensis, G. polyedra, Protoperidinium claudicans, P. oblongum, P. pentagonum, P. leonis, P. compressum, d'après la littérature, elles ont un cycle sexuel et certaines ont été trouvées en baie de Vilaine sous forme de kystes, mais pas sous formes mobiles.

#### **Un facteur méthodologique**

Le traitement par les acides peut détruire les kystes d'origine calcaire, de même que l'utilisation des ultrasons.

#### **Un facteur d'ordre trophique**

Une prédation possible par les espèces appartenant à des niveaux trophiques supérieurs doit être considérée. Les dinoflagellés constituent le régime alimentaire d'autres dinoflagellés et de plusieurs invertébrés, larves et poissons adultes (STEIDINGER et WALKER, 1984). Nous constatons que dans l'étude toxicologique des hépatopancréas de moules en baie de Vilaine ont été trouvées des formes mobiles de dinoflagellés (rapport IFREMER) et il est possible que les kystes soient consommés par les filtreurs et détritivores.

### **6 - Conclusions**

Malgré toutes les études taxonomiques qui ont été réalisées jusqu'à présent sur les kystes de dinoflagellés dans le monde, il nous reste encore plusieurs domaines à approfondir, comme par exemple :

- la connaissance du cycle évolutif des espèces toxiques responsables du PSP et du DSP,
- l'évaluation dans le milieu de leur période d'enkystement et dékystement et les facteurs importants pour le déclenchement de ces variations spatio-temporelles.

Cette étude bibliographique préliminaire et ces premiers résultats nous amènent donc à proposer le plan de recherche suivant pour la réalisation de notre mémoire de thèse :

- 1) campagnes hivernales et estivales 1987 en baie de Vilaine suivant les stations de prélèvement déjà décrites afin de comparer les différences de fluctuations des kystes de dinoflagellés avec celles des formes mobiles correspondantes.

- 2) essayer de faire une zonation de la baie en ce qui concerne les points d'apparition des kystes.
- 3) estimer quantitativement et qualitativement le rôle de ces kystes dans les successions d'espèces planctoniques, autrement dit la part respective des populations endémiques et des espèces "extérieures" au système dans les blooms estivaux.

#### IV - BIBLIOGRAPHIE

- ALZIEU (C.), 1983.- Contamination des coquillages des côtes bretonnes et normandes par une algue unicellulaire toxique (Dinophysis acuminata). Rapp. Techn. ISTPM, n° 4.
- ANDERSON (D.M.) et WALL (D.), 1978.- Potencial importance of Benthic cysts of Gonyaulax tamarensis and G. excavata in initiating toxic Dinoflagellate Blooms. J. Phycol. 14 (2), 224-234.
- ANDERSON (D.M.) et MOREL (F.M.M.), 1979.- The seeding of two Red Tide Blooms by the Germination of Benthic Gonyaulax tamarensis Hypnocysts. Estuarine and Coastal Marine Science, 8, 279-293.
- ANDERSON (D.M.), 1980.- Effects of temperature conditioning of development and germination of Gonyaulax tamarensis (Dinophyceae) Hypnozygotes. J. Phycol. 16, 166-172.
- ANDERSON (D.M.), 1984.- Shellfish toxicity and Dormant Cyst in toxic Dinoflagellate blooms. In : Seafood toxins, E.P. Ragelis (Ed.) Amer. Chem. Soc. Symposium Series (262) Wash D.C. 125-138.
- ANDERSON (D.M.), 1985.- Sinking characteristics of dinoflagellate cysts. Limnol. Oceanogr. 30 (5), 1 000-1 009.
- ANDERSON (D.M.), AUBREY (D.G.), TYLER (M.A.) et COASTS (D.W.), 1982.- Vertical and horizontal distributions of dinoflagellate Limnol. Oceanogr. 27 (4) 757-765.
- ANDERSON (D.M.), COATS (D.W.) ET TYLER (M.A.), 1985.- Encystement of the dinoflagellate Gyrodinium uncatenum : temperature and nutrient effects. J. Phycol. 21, 200-206.
- ANDERSON (D.M.) et KEAFER (B.A.), 1984.- The distribution abundance and fate of nearshore dinoflagellate cyst accumulations. International Council for the Exploration of the sea (special Meeting) 6 p.
- ANDERSON (D.M.) et KEAFER (B.A.), 1985.- Dinoflagellate cyst dynamics in coastal and estuarine waters. In : Toxic dinoflagellates, Anderson, White and Baden, Editors Elsevier Science Publishing Co., Inc. 219-224.
- ANDERSON (D.M.) et LINDQUIST (N.L.), 1985.- Time-Course measurements of Phosphorus depletion and cyst formation in the dinoflagellate Gonyaulax tamarensis Lebour. J. Exp. Mar. Biol. Ecol., 86, 1-13.

- ANDRESEN-LEITAO (M.), LASSUS (P.), MAGGI (P.), LE BAUT (C.), CHAUVIN (J.) et TRUQUET (P.), 1983.- Phytoplankton des zones mytilicoles de la baie de Vilaine et intoxications par les coquillages. Rev. Trav. Inst. Pêches Marit., 46 (3), 233-262.
- BLANCO (J.), MARINO (J.) et CAMPOS (M.J.), 1985.- The first toxic bloom of Gonyaulax tamarensis detect ed. in Spain (1984). In : Toxic Dinoflagellates, Anderson, White and Baden, Editors. Elsevier Science Publishing Co., Inc. 79-84.
- DALE (B.), 1977.- New observations on Peridinium faeroense PAULSEN (1905) and classification of small orthoperidinioid dinoflagellate. Br. phycol. J. 12 : 241-253.
- DALE (B.), 1977.- Cysts of the toxic red tide dinoflagellate Gonyaulax excavata (BRAARUD) Balech from Oslofjorden, Norway. Sarsia, 63 (1) : 29-34.
- DALE (B.), YENTSCH (C.M.) et HURST (J.W.), 1978.- Toxicity in Resting cysts of the Red-tide Dinoflagellate Gonyaulax excavata from Deeper water Coastal Sediments. Science, 201 : 1223-1225.
- DALE (B.), 1979.- Collection preparation and identification of dinoflagellate resting cysts. In : Toxic Dinoflagellate Blooms, Taylor/Seliger eds. Elsevier, North Holland, Inc. 443-452.
- DALE (B.), 1983.- Dinoflagellate resting cysts : Benthic Plankton. In : Survival strategies of the algae. Fryxell G.A. Cambridge University Press. Cambridge (U.K.) 69-136.
- DE NADAILLAC (G.) et BRETON (M.), 1985.- Les courants en baie de Vilaine. Présentation et interprétation des données IFREMER. Centre de Brest. DERO 85-08 EL. 73 pp.
- DODGE (J.D.), 1982.- Marine Dinoflagellates of the British Isles London : Her Majesty's stationery office. 303.
- DODGE (J.D.), 1983.- Ornamentation of thecal plates in Protoperidinium (Dinophyceae) as seen by scanning electron microscopy. W Journal of Plankton Research. 5 : 2, 119-127.
- DODGE (J.D.), 1985.- Atlas of Dinoflagellates. A scanning Electron Microscope Survey Farrana Press, London. 119 p.
- DREBES (G.), 1974.- Marine Phytoplankton. Eine Auswahl der Helgoländer Planktonalgen (Diatomeen, Peridineen). Georg. Thieme Verlag Stuttgart, Germany : 186 p.
- FRITZ (L.) et TRIEMER (R.E.), 1985.- Preliminary Studies of cell; wall Formation in Temporary cysts of Gonyaulax tamarensis. In : Toxic Dinoflagellates, Anderson white and Baden, Editors Elsevier Science Publishing Co., Inc. 117-120.

- FUKUYO (Y.), 1979.- Theca and cyst of Gonyaulax excavata (Braarud) Balech Found at Ofunato Bay, Pacific Coast of Northern Japan. In : Toxic Dinoflagellate Blooms, Taylor/Seliger Ed. Elsevier, North Holland, Inc. 61-64.
- FUKUYO (Y.), 1980, 1981.- Cysts of Naked Dinoflagellates. In : Fundamental studies of the Effects of Marine Environment on the Outbreaks of Red Tides B 148-R 14-8, 205-214.
- GOULEAU (D.), 1975.- Les premiers stades de la sédimentation sur les vasières littorales atlantiques. Rôle de l'émulsion. Tomes I et II. Thèse de Doctorat de Sciences Naturelles. Université de Nantes, Faculté des Sciences, 242 p. + 123 p.
- HARBLAND (R.), REID (P.), DOBELL (P.) et NORRIS (G.), 1980.- Recent and sub-recent dinoflagellate cysts from the Beaufort Sea, Canadian Arctic. Gnana, 19 : 221-225.
- KAT (M.), SPEUR (J.) et OTE (P.F.), 1982.- Diarrhetic mussel poisoning in the Netherlands related to the occurrence of Dinophysis acuminata, september-october 1981. International council for the exploration of the sea. Netherlands Institute for Fishery Investigations. Mar. Env. Qual. com. CM : 24, 12 p.
- LANGLOIS (G.), 1982.- Etude courantologique et hydrologique de la région côtière située entre les îles de Belle-Ile et de Noirmoutier. Thèse de 3ème cycle, U.B.O. Brest, 195 p.
- LASSUS (P.), 1984.- Bilan des phénomènes d'eaux colorées et des perturbations observées dans le phytoplancton côtier pour l'année 1983. Rapport interne ISTPM - 17 janvier 1984 - Nantes 31 p.
- LASSUS (P.), MAGGI (P.), TRUQUET (I.), TRUQUET (P.), BARDOUIL (M.) et LARRAZABAL (M.E.), 1985.- Distribution de Dinophysis cf. acuminata et des espèces associées, en baie de Vilaine pendant l'été 1985. ICES, Mariculture, CM 1986/L : 5, 17 p.
- LASSUS (P.), LE DEAN (L.), BOCQUENE (G.), BARDOUIL (M.), TRUQUET (P.), TRUQUET (I.) et LARRAZABAL (M.E.), 1986.- Juin 1986 - Distribution de Dinophysis au large de la Bretagne sud. Rapport IFREMER - DERO 86.11-MR.
- LE BRIS (H.), 1985.- Evolution de la macrofaune benthique en baie de Vilaine et en rade du Croisic. Lab. d'Océanogr. Biol. ; U.B.O. Brest, juin 1985, 23 p.
- LEWIS (C.M.), YENTSCH (C.M.) et DALE (B.), 1979.- Distribution of Gonyaulax excavata resting cysts in the sediments of Gulf of Maine. In : Toxic Dinoflagellate Blooms, Taylor/Seliger eds. Elsevier North Holland. Inc. 235-238.

- LEWIS (J.), TETT (P.) et DODGE (J.D.), 1985.- The cyst-theca cycle of Gonyaulax polyedra (Lingulodinium machaerophorum) in Creran, a Scottish West Coast Sea-Loch. In : Toxic Dinoflagellates, Anderson White and Baden, Editors. Elsevier Science Publishing Co., Inc. 85-90.
- LOEBLICH III (A.) et LOEBLICH (L.), 1984.- Dinoflagellates Cysts. In : SPECTOR, D. Dinoflagellates. XIV. Academic Press (U.S.A.), 545 p.
- MAILLOCHEAU (F.), 1980.- L'envasement de l'estuaire de la Vilaine en aval du Barrage d'Arzal. DEA en Géologie Marine. Université de Nantes, 65 p.
- MASTOURI (A.), 1986.- Contribution à l'étude des conditions hydroclimatiques favorables aux apparitions d'eaux colorées en baie de Vilaine, durant l'été 1984. Thèse du Docteur-Ingénieur en Sciences Agronomiques. Univ. de Rennes I, 137 p.
- MATSUOKA (K.), 1980, 1981.- Dinoflagellate cysts in surface sediment of Omura bay West Kyushu, Japan. Raport "Fundamental studies" Dr. OKAICHI, Ed. : 197-204.
- MORZADEC-KERFOURN (M.T.), 1966.- Etude des Acritarches et Dinoflagellés des sédiments vaseux de la Vallée de la Vilaine aux environs de Redon (Ille-et-Vilaine) Bull. Soc. Géol. Mineral. de Bretagne, 1964-1965, nouvelle série (novembre 1966) 137-146 p.
- MORZADEC-KERFOURN (M.T.), 1976.- La signification écologique des dinoflagellés et leur intérêt pour l'étude des variations du niveau marin. Rev. Micropaleont. : 18 (4) 229-235, Paris - France.
- MORZADEC-KERFOURN (M.T.), 1977.- Les kystes de dinoflagellés dans les sédiments récents le long des côtes bretonnes. Rev. Micropaleont. : 20 (3) 157-166, Paris - France.
- MORZADEC-KERFOURN (M.T.), 1979.- Les Kystes de Dinoflagellés. Géologie Méditerranéenne. Tome VI (1), 221-245.
- OSHIMA (Y.), SINGH (H.T.), FUKUYO (Y.) et YASUMOTO (T.), 1982.- Identification and Toxicity of the Resting Cyst of Protogonyaulax Found in Ofunato Bay. Bulletin of the Japanese Society of Science Fisheries, 48 (9), 1303-1305.
- PIERRE (M.J.), 1984.- Analyse des successions phytoplanctoniques liées à l'apparition de Dinophysis acuminata dans la baie de Vilaine au cours de l'été 1983. D.E.A. d'Ecologie. Univ. de Rennes I, 84 p.
- PIERRE (M.J.), 1985.- Analyse des populations phytoplanctoniques en baie de Vilaine, 1984. Rapport de fin d'études. Assoc. Halieutique du Mor Braz, 25 p.

- PIERRE (M.J.) et LASSUS (P.), 1983 (1985).- Perturbations des écosystèmes en baie de Vilaine. Analyse des successions phytoplanctoniques précédant l'apparition d'un dinoflagellé toxique. Rev. trav. Inst. Pêches Marit., 47 (3 et 4) : 134-148.
- QUEGUINER (B.), 1982.- Variations qualitatives et quantitatives du phytoplancton dans un écosystème eutrophe fortement soumis aux effets des marées : la rade de Brest. Thèse de Doctorat 3ème Cycle en Océanographie. Université de Bretagne Occidentale, 123 p.
- REID (P.C.), 1972.- Dinoflagellate cyst distribution around the British Isles. J. mar. biol. Ass. U.K. (52) 939-944.
- REID (P.C.), 1977.- Peridiniacean and Glenodiniacean dinoflagellate cysts from the British Isles. Nova Hedwigia XXIX.18.XI ; 429-462.
- REID (P.C.), 1978.- Dinoflagellate cysts in the plankton. New Phytol. 80, 219-229.
- REID (P.C.) et HARLAND (R.), 1977.- Studies of Quaternary dinoflagellate cysts from the North Atlantic in : W.C. Elsie, ed. Contributions of Stratigraphic Palynology 1, Cenozoic, Palynology, Amer. Assoc. Stratigraphic Palynologists Contr. Ser., (5 A) 147-169 (Nov. 1, 1977).
- SAMPAYO (M.A. de M.), 1985.- Encystement and Excystement of a Portuguese Isolate of Amphidinium carterae in cultures. In : Toxic Dinoflagellates, Anderson, White and Baden, Editors Elsevier Science Publishing Co., Inc.
- SCHMITTER (R.E.), 1979.- Temporary cysts of Gonyaulax excavata : effects of temperature and light. Elsevier North Holland, Inc. Taylor/Seliger eds. In : Toxic Dinoflagellate Blooms.
- STEIDINGER (K.A.), 1975.- Implications of dinoflagellate life cycles on initiation of Gymnodinium breve red tides Environmental letters, 9 (2), 129-139.
- STEIDINGER (K.A.), 1983.- A re-evaluation of toxic dinoflagellate biology and ecology in Progress in Phycological Research, vol. II, Round, F. and Chapman, D. Eds. Elsevier North Holland, New York.
- STEIDINGER (K.A.) et BADEN (D.G.), 1984.- Toxic Marine Dinoflagellates in Dinoflagellates, Academic Press, Inc., 201-261.
- STEIDINGER (K.A.) et WALKER, 1984.- Life histories dispersal and survival in Marine Planktonic Dinoflagellates in : Marine Plankton Life Cycle Strategies ; CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida ; 19-34.

- TURPIN (D.H.), DOBELL (P.E.R.) et TAYLOR (F.J.R.), 1978.- Sexualité and cyst formation in Pacific Strains of the toxic dinoflagellate Gonyaulax tamarensis. J. Phycol. 14 (2), 235-238.
- TYLER (M.A.), COATS (D.W.), et ANDERSON (D.M.), 1982.- Encystement in a Dynamic Environment : Deposition of dinoflagellate Cysts by a frontal convergence. Marine Ecology - Progress Series. 7 : 163-178.
- TYLER (M.A.) et HEINBOKEL (J.F.), 1985.- Cycles of Red water and Encystement of Gyrodinium pseudopalustre in the Chesapeake Bay : Effects of Hydrography and Grazing. In : Toxic Dinoflagellates, Anderson, White and Baden, Editors Elsevier Science Publishing Co., Inc. 213-218.
- UTHERMOHL (H.), 1958.- Zur vervollkommung der quantitativen phytoplankton methodi Mitt in ver. theor. ange W. Limnol. 9 (1), 1-38. In : Phytoplankton Manuel, UNESCO 1978.
- WALL (D.) et DALE (B.), 1969.- The "Hystrichosphaerid" resting spore of the dinoflagellate Pyrodinium bahamense, Plate, 1906. J. Phycol., 5 : 140-149.
- WALL (D.), GUILLARD (R.R.L.), DALE (B.), SWIFT (E.) et WATABEN (N.), 1970.- Calcitic resting cysts in Peridinium trochoidecum (Stein) Lemmermann an autotrophic marine dinoflagellate. Phycologia, 9 (2) 151-156.
- WILLIAMS (T.L.), SARJEANT (W.A.S.) et KIDSON (E.J.), 1973.- A glossary of the terminology applied to dinoflagellate amphiesmae and cysts and Acritarchs. Amer. Assoc. Stratigr. Palynol. Contributions series (2) 196-221.
- YENTSCH (C.M.), LEWIS (C.M.) et YENTSCH (C.S.), 1980.- Biological resting in the dinoflagellate Gonyaulax excavata. Bioscience, 30 (4) 251-254.
- YOSHIMATSU (S.), 1981.- Sexual reproduction of Protogonyaulax catenella in Culture. I. Heterothallion. Bulletin of Plankton Society of Japan, 28 (2) December.