

IMPACT DE L'EUTROPHISATION DANS LA LAGUNE DE TUNIS (PARTIE NORD)

2^{ème} PARTIE : ANALYSE DES CORRESPONDANCES

J. ZAOUALI et S. BAETEN

Institut National Agronomique de Tunisie, 43, avenue Charles Nicolle, Tunis

Abstract : Correspondence analysis of data on benthic fauna in Tunis lagoon (northern part) brought us : (1) to identify main pollution sectors ; (2) to draw a dynamical map of migrations of species ; (3) to quantify them ; (4) to delineate ecological nests ("niches") of species.

Résumé : L'analyse des correspondances entre stations et espèces macrobenthiques faites au cours de l'année 1980-1981 dans la partie nord de la lagune de Tunis nous a permis : (1) d'identifier les principaux secteurs de pollution ; (2) de tracer une carte dynamique des migrations des espèces constituant une importante base de travail en vue du contrôle ultérieur de l'impact des mesures d'assainissement ; (3) de quantifier l'ampleur des migrations, fonction de l'adaptation plus ou moins poussée des espèces aux modifications saisonnières du biotope ; (4) de localiser des niches écologiques nettement individualisées.

INTRODUCTION

Si l'analyse factorielle des correspondances trouve la plupart de ses applications dans le domaine sociologique elle n'en convient pas moins à l'interprétation des données biocénotiques. A ce titre, elle a été utilisée dans le domaine marin benthique (Guille et Ponge, 1975), planctonique (Ibanez et Seguin, 1972), et halieutique (Bruslé et coll., 1979). Cependant, à notre connaissance, elle n'a pas été, jusqu'à ce jour, appliquée au domaine lagunaire benthique, ce que nous tenterons de faire dans ce travail.

L'idée de base de cette méthode est de fournir la meilleure représentation simultanée dans un seul plan de projection de l'ensemble des lignes et des colonnes d'un tableau de contigence. En l'occurrence, nous avons, pour chaque saison (année 1980-1981), un tableau indiquant le nombre d'individus de 43 espèces faunistiques dans 7 stations d'observation (fig. 1, 1^{ère} partie). Deux stations n'ont pu être prises en compte : la station 1, azoïque au niveau benthique toute l'année, et la station 2, azoïque en été et en automne. A été ainsi réalisé un tableau de 90 lignes et 7 colonnes où chaque espèce faunistique est représentée par autant de lignes qu'il y a de saisons pendant lesquelles elle a été rencontrée.

RESULTATS

Les pourcentages relatifs aux axes factoriels représentent la part d'inertie (ou de variance) expliquée par ces axes. Le pourcentage total pour les 2 premiers axes est supérieur à 50 %, ce qui est satisfaisant. Nous allons essayer de "baptiser" ces 2 axes par un qualificatif en référence à l'un ou à l'autre des nuages de points.

Par rapport à leur projection sur l'axe 1 (fig. 1), il apparait clairement que les stations de gauche se trouvent vers le continent (Tunis) alors que celles de droite se trouvent vers la mer (Khéreddine). Ce premier axe

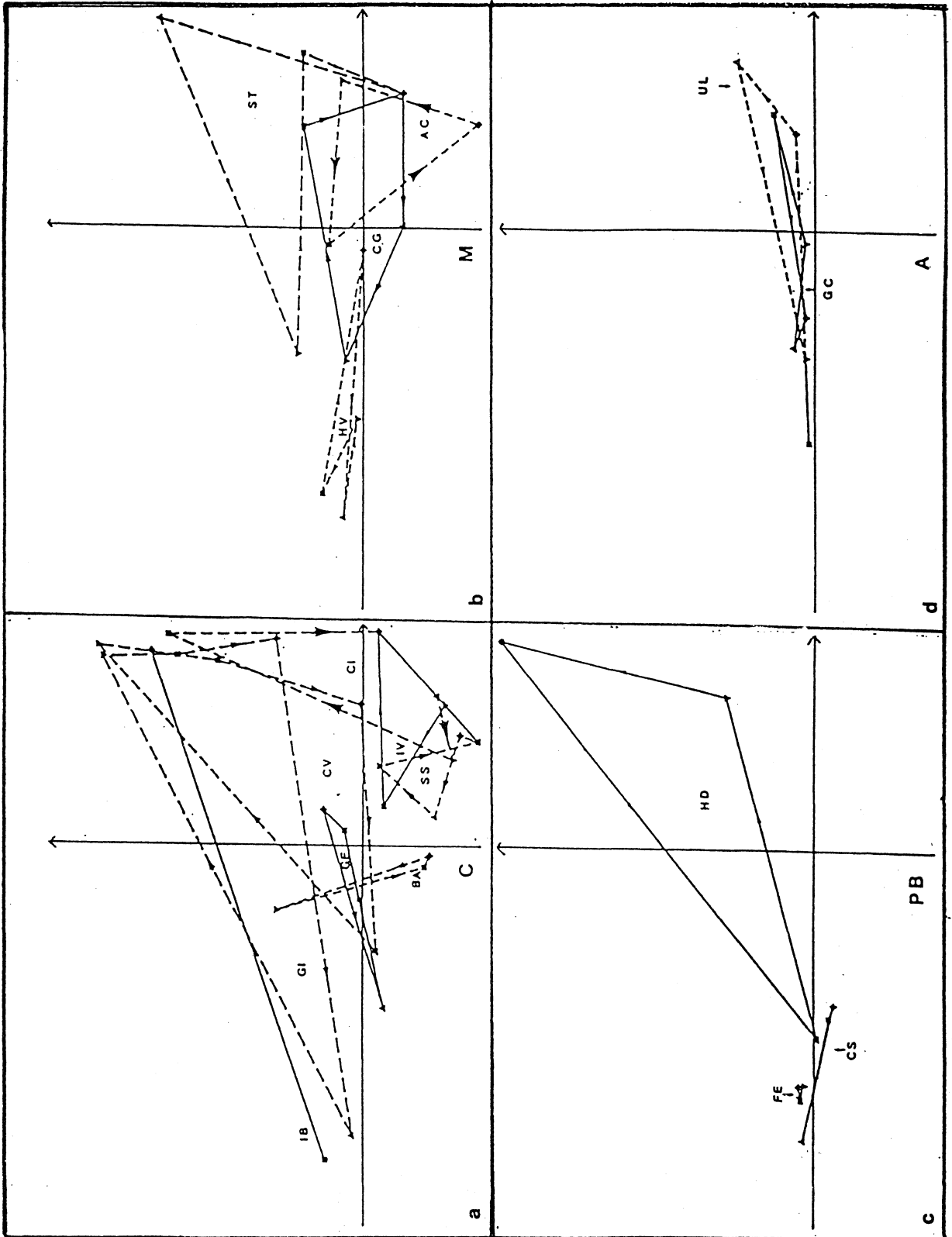
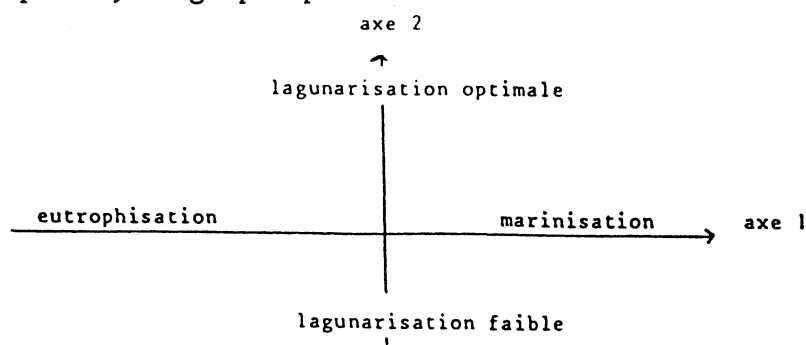


Figure 1

serait donc, en quelque sorte, un axe de "marinisation", ou, en sens contraire, de "continentalité" ou encore d'"eutrophisation" (le gradient d'eutrophisation se superpose en effet à celui de la marinisation, mais en sens contraire).

Par contre, il est plus difficile de trouver un nom satisfaisant pour le second axe. On pourrait peut-être essayer de le qualifier par rapport à la configuration du nuage des espèces. Au-dessus de l'axe 1 on remarque la présence d'espèces typiques des milieux lagunaires, les plus hautes étant les plus caractéristiques, telles que *Syndesmia tenuis* ou *Idothea balthica*. Vice-versa, au-dessous de l'axe 1 nous trouvons des espèces moins lagunaires telles *Amyla corniculum* ou *Idothea viridis*. Ceci nous amène à qualifier l'axe 2 (du bas vers le haut) d'axe de lagunarisation optimale.

En conséquence, le graphe pourra être orienté selon le schéma suivant :



Ceci étant pris comme hypothèse de travail, nous allons commenter la localisation des principaux points du graphe.

1. STATIONS (fig. 2)

Les stations sont réparties en 3 ensembles :

- 1°) stations situées au-dessus de l'axe 1 :
 - à gauche : stations 3, 4 et 5, eutrophisées ;
 - à droite : station 8, lagunarisée ;
- 2°) stations situées au centre du graphique : station 6, lagunaire typique, représentative de la lagune de Tunis (ceci confirme ce qui a été montré dans la 1ère partie par l'étude des indices écologiques) ;
- 3°) stations situées au-dessous de l'axe 1 : stations 7 et 9, marinisées.

2. PEUPLLEMENTS ZOOBENTHIQUES (fig. 1)

Comme chaque espèce est représentée par un nombre de points variant entre 1 et 4, la lecture du graphe peut être facilitée par le dessin du circuit joignant les différents points occupés par la même espèce au cours des saisons de l'année. Ce circuit, retraçant l'évolution spatio-temporelle de l'espèce, est en quelque sorte un graphe bionomique. Selon le périmètre parcouru au cours de l'année et selon la situation de ce périmètre par rapport aux axes factoriels, il est possible de tirer des conclusions d'ordre écologique. Les espèces qui parcourent un périmètre étendu connaissent une forte migration annuelle, et inversement pour celles dont le périmètre est étroit. Ces dernières sont par conséquent mieux adaptées à leur milieu. La position et la configuration des périmètres nous donnent une idée des préférences écologiques des espèces correspondantes.

Nous ne donnerons ici de commentaires que pour les espèces zoobenthiques les plus fréquentes et les plus abondantes, en les regroupant selon les différents embranchements systématiques.

ANALYSE DES CORRESPONDANCES

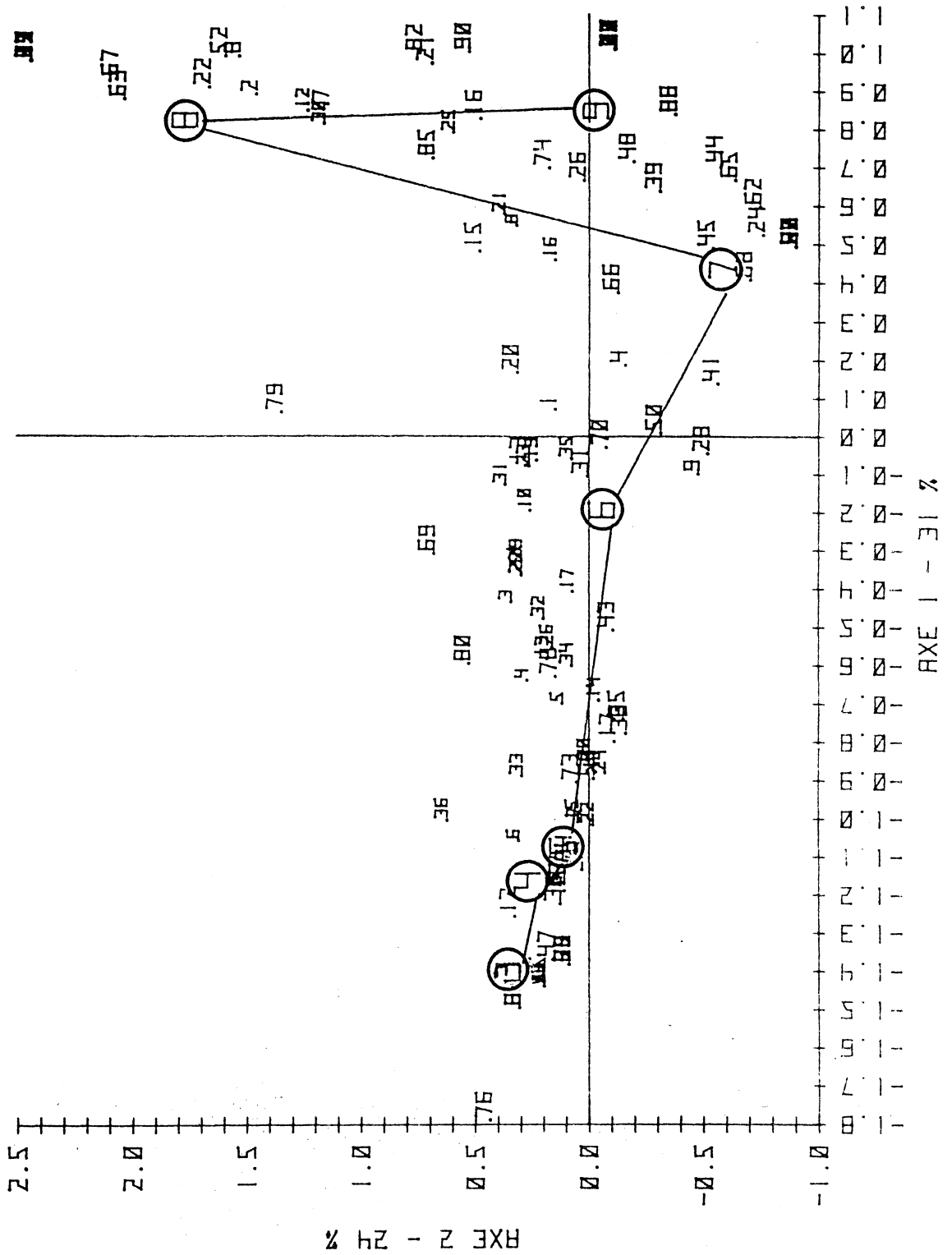


Fig. 2 - Analyse des correspondances; grands chiffres: les stations, chiffres de taille moyenne: les espèces, chiffres de petite taille: paramètres physico-chimiques et peuplements végétaux.

2.1. Crustacés (fig. 1a)

Deux sortes de regroupements sont possibles :

- 1°) Selon la position du périmètre par rapport aux axes, on distingue des espèces lagunaires (*Gammarus insensibilis*, *Idothea balthica*, *Corophium volutator*), des espèces lagunaires strictement adaptées (*Gammarus aequicauda*, *Balanus amphitrite*) et des espèces marinisées (*Corophium insidiosum*, *Idothea viridis*, *Sphaeroma serratum*).
- 2°) Selon le périmètre parcouru, on distingue des espèces à forte migration annuelle, telles que *Gammarus insensibilis*, *Idothea balthica* et *Corophium volutator*, espèces relativement euryvalentes, et des espèces moins mobiles, plus caractéristiques d'un biotope, telles que *Gammarus aequicauda*, *Corophium insidiosum*, *Balanus amphitrite*, *Sphaeroma serratum* et *Idothea viridis*.

Pour l'ensemble de ces espèces on remarque une migration vers la mer en été. Bien que les aires occupées se recoupent plus ou moins largement (il s'agit d'espèces épiphytes pouvant se superposer sans concurrence aux différents niveaux d'un même biotope), l'étude des déplacements au cours des saisons montre que les niches écologiques de ces différentes espèces restent en général bien individualisées.

2.2. Mollusques (fig. 1b)

D'après la position des périmètres, on remarque la présence de Mollusques dans les secteurs suivants :

- secteur continentalisé "lagunarisé" : *Hydrobia ventrosa* ;
- secteur marinisé "lagunarisé" : *Syndesmia tenuis* ;
- secteur lagunaire type : *Cerastoderma glaucum* ;
- secteur marinisé : *Amycla corniculum*.

D'après la grandeur des périmètres, on distingue des espèces à grands déplacements telles que *Cerastoderma glaucum* et *Syndesmia tenuis*, et des espèces à déplacements limités dans un secteur donné, telles que *Hydrobia ventrosa* et *Amycla corniculum*, qui sont par conséquent indicatrices, respectivement de milieux eutrophisés et marinisés. Les Mollusques étant plus strictement inféodés à un substrat que les Crustacés, leurs aires de migration sont, d'une manière générale, moins étendues.

2.3. Polychètes et Bryozoaires (fig. 1c)

Hydroides dianthus (Polychète) occupe une large aire écologique (espèce peu euryvalente). Sa localisation dans le haut du graphe et plus spécialement dans sa partie droite montre un *preferendum* pour le secteur lagunaire sous influence marine.

Ficopomatus enigmaticus (Polychète) a une localisation écologique très particulière. A l'inverse de l'espèce précédente, elle occupe en effet une position ponctuelle dans la partie gauche du graphe. C'est donc une espèce spécialement bien adaptée à la pollution.

Conopeum searati (Bryozoaire) est localisé dans le secteur eutrophisé, où il occupe une aire étroite entre *Hydroides dianthus* et *Ficopomatus enigmaticus*.

Nous avons donc cette fois encore des niches écologiques bien individualisées.

3. PEUPLEMENTS VEGETAUX (fig. 1d)

Les espèces végétales sont représentées sur le graphe à titre illustratif, et ne sont pas intervenues dans la composition des axes, en raison de leur dominance numérique sur les espèces animales. Les aires occupées par les algues sont situées juste au-dessus de l'axe 1 (secteur "lagunarisé"). *Ulva lactuca* est plus lagunaire que *Gracilaria confervoides*. Leurs aires écologiques sont

en partie superposées mais elles ne se recoupent pas et l'on constate de plus que ces deux espèces se déplacent en sens inverse au cours de l'année : tropisme estival marin pour *Ulva* et tropisme hivernal continental pour *Gracilaria*.

CONCLUSION

Le graphe de l'évolution spatio-temporelle des espèces au moyen de l'analyse des correspondances peut être considéré comme une représentation de l'espace biologique de l'entité lagune nord.

A de larges déplacements annuels correspondent des espèces s'adaptant peu aux modifications physico-chimiques du biotope mais pouvant coloniser successivement de nombreux micro-habitats. C'est tout particulièrement le cas des Crustacés épiphytes et notamment de *Gammarus insensibilis*, *Idothea balthica* et *Corophium volutator*. A de faibles déplacements correspondent, inversement, des espèces soit bien adaptées (espèces dont les périmètres de mobilité occupent le centre du graphe), typiques des milieux lagunaires, telles que *Gammarus aequicauda* et *Cerastoderma glaucum*, soit des espèces inféodées à un substrat ou à un biotope particulier, telles que *Ficopomatus enigmaticus* et *Hydrobia ventrosa*.

L'observation dynamique des déplacements nous a permis de situer l'aire biologique d'eutrophisation. Les espèces caractéristiques de la pollution sont celles dont le parcours se fait dans les limites du secteur eutrophisé. Ce sont en premier lieu *Ficopomatus enigmaticus* (espèce "fixe" dans le graphe), *Hydrobia ventrosa* et *Conopeum seurati*. Les espèces fortement tolérantes sont celles dont l'essentiel du parcours se fait dans ce même secteur : c'est le cas pour *Gammarus insensibilis*, *G. aequicauda* et *Ulva lactuca*. Enfin, nous avons montré qu'il existe un net tropisme marin au cours de l'été.

BIBLIOGRAPHIE

- BRUSLE, J., HERVE, P. et XECH, J., 1979 - Analyse factorielle des correspondances entre les paramètres météorologiques et hydrologiques et les captures de poissons en milieu lagunaire. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.*, 25/26 (10), 37-46.
- GUILLE, A. et PONGE, J.F., 1975 - Application de l'analyse des correspondances à l'étude des peuplements benthiques de la côte catalane française. *Ann. Inst. Océanogr., Paris*, 51 (2), 223-235.
- IBANEZ, F. et SEGUIN, G., 1972 - Étude du cycle annuel du zooplancton d'Abidjan. Comparaison de plusieurs méthodes d'analyse multivariante : composantes principales, correspondances, coordonnées principales. *Invest. Pesq.*, 36, 81-108.

Fig. 1 - Analyse des correspondances : espèces zoobenthiques.

a. C : CRUSTACES

- BA : *Balanus amphitrite*
- CI : *Corophium insidiosum*
- CV : *Corophium volutator*
- IB : *Idothea balthica*
- IV : *Idothea viridis*
- GE : *Gammarus aequicauda*
- GI : *Gammarus insensibilis*
- SS : *Sphaeroma serratum*

c. PB : POLYCHETES ET BRYOZOAIRES

- CS : *Conopeum seurati*
- FE : *Ficopomatus enigmaticus*
- HD : *Hydroides dianthus*

b. M : MOLLUSQUES

- AC : *Amycla corniculum*
- CG : *Cerastoderma glaucum*
- HV : *Hydrobia ventrosa*
- ST : *Syndesmia tenuis*

d. A : ALGUES

- GC : *Gracilaria confervoides*
- UL : *Ulva lactuca*