

# Cinétique et production de deux moulières naturelles de l'Est algérois. Influence des facteurs thermiques et anthropiques

*Mytilus galloprovincialis*  
*Perna perna*  
Long terme  
Production  
Côtes d'Algérie

*Mytilus galloprovincialis*  
*Perna perna*  
Long term  
Production  
Algerian coast

Yamina Madiha ABADA-BOUDJEMA et Jean-Claude DAUVIN

Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie, CNRS URA 699, 57, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex 05, France.

Reçu révisé le 12/03/96, accepté le 19/03/96.

## RÉSUMÉ

Un suivi régulier de deux populations de moules *Mytilus galloprovincialis* et *Perna perna* a été mené de la fin 1984 au début 1991 dans deux moulières naturelles de l'Est algérois, Bordj El Kiffan et Boudouaou; des prélèvements ont été effectués seulement de 1978 à 1979, puis de 1992 à 1993, sur la première moulière. Les densités maximales chez les deux espèces dépassent 10000 ind. m<sup>-2</sup> au printemps et en été à la suite d'importants dépôts de naissain. A Bordj El Kiffan, *M. galloprovincialis* reste l'espèce dominante avec des densités en moyenne 50 fois plus élevées que celles de *P. perna*. A Boudouaou, *P. perna* présente, jusqu'en août 1988, des effectifs 1,7 fois plus importants que ceux de *M. galloprovincialis*. De 1986 à 1988, les biomasses moyennes annuelles en poids sec de chair, sont chez *P. perna* également plus importantes à Boudouaou (0,886 kg. m<sup>-2</sup>) qu'à Bordj El Kiffan (0,486 kg. m<sup>-2</sup>). Chez *M. galloprovincialis*, en revanche, elles sont plus élevées à Bordj El Kiffan (0,791 kg. m<sup>-2</sup>) qu'à Boudouaou (0,224 kg. m<sup>-2</sup>). Les productions moyennes d'accumulation de 2,6 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> et de transfert de 2,4 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> chez *M. galloprovincialis* de Bordj El Kiffan sont du même ordre de grandeur que celles de *P. perna* de Boudouaou (2,2 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> et 2,3 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> respectivement). Les productions les plus importantes sont fournies, dans la majorité des cas, par les individus âgés de plus d'un an. La productivité moyenne (P/B) est supérieure à 2. Le rapport E/B est voisin de 3 chez les deux espèces à Bordj El Kiffan et de 2,65 chez *P. perna* à Boudouaou, alors qu'il n'est que de 0,68 chez *M. galloprovincialis* dont la population, à partir d'août 1988, s'avère être en voie de reconstitution. Dans les deux stations, l'effondrement des populations, semble plus la conséquence de l'action anthropique que le résultat d'une quelconque influence des facteurs climatiques: importants rejets des eaux usées, ensevelissement sous le sable de la moulière de Boudouaou suite à des travaux d'aménagement dans la zone, récoltes anarchiques et excessives dans les deux sites.

## ABSTRACT

Dynamics and production of two natural mussel beds from the Algerian coast. Effects of thermic and anthropic factors.

A long-term survey of two mussel populations from two natural mussel beds, Bordj El Kiffan and Boudouaou, was carried out from the end of 1984 to the beginning of 1991. Samples had been also collected from 1978-1979 then from 1992-1993, but only from the first of these. Maximal densities were

higher than 10,000 ind. m<sup>-2</sup>, due to the spring and summer heavy spatfall. At Bordj El Kiffan, densities of *M. galloprovincialis* were 50 times more important than those of *P. perna*. At Boudouaou, the abundance of *P. perna* was 1.7 times higher than that of *M. galloprovincialis*. From 1986 to 1988, the mean annual biomass in dry weight of tissue including ash was higher for *P. perna* at Boudouaou (0.886 kg. m<sup>-2</sup>) than at Bordj El Kiffan (0.486 kg. m<sup>-2</sup>). For *M. galloprovincialis*, it was greater at Bordj El Kiffan (0.791 kg. m<sup>-2</sup>) than at Boudouaou (0.224 kg. m<sup>-2</sup>). The average production in *M. galloprovincialis* from Bordj El Kiffan and *P. perna* from Boudouaou was about 2.4 kg. m<sup>-2</sup>. yr<sup>-1</sup>. The most important productions were essentially provided by individuals older than one year. In both stations, the average P/B ratio was higher than 2. The turnover rate (E/B) was about 3 in both species at Bordj El Kiffan and 2.65 in *P. perna* at Boudouaou, but only 0.68 in *M. galloprovincialis*, whose population was in the course of development. The decrease in the populations was essentially a consequence of human activities: waste water discharged at Bordj El Kiffan mussel bed; burial of the Boudouaou mussel bed after the construction of a sea wall in the area; and intensified mussel fishery on both mussel beds.

*Oceanologica Acta*, 1997, 20, 1, 229-241.

## INTRODUCTION

Comme toutes les moulières naturelles d'Algérie, celles de Bordj El Kiffan et de Boudouaou situées respectivement à une dizaine et à une quarantaine de kilomètres à l'Est d'Alger, abritent deux espèces de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lmk, 1819) et *Perna perna* (L., 1758). Ces populations sont caractérisées par un renouvellement résultant essentiellement de sédentarisation estivales massives (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995). Ce renouvellement pourrait être perturbé par de mauvaises conditions hydroclimatiques ou par les activités humaines telles que les rejets d'égout et les travaux d'aménagement du littoral à proximité immédiate des moulières. Outre ces facteurs, la prédation et une pêche non contrôlée ainsi que les fréquentes exondations réduisent la longévité et les taux de croissance des deux espèces (Abada-Boudjema et Mouëza, 1981). A partir d'un suivi régulier des deux moulières de décembre 1984 à mars 1991 et de prélèvements antérieurs (1978-1979) et postérieurs (1992-1993) sur la moulière de Bordj El Kiffan, les objectifs de ce travail sont (1) identifier les changements temporels à long terme des deux espèces dans les deux moulières (2) estimer leurs productions en fonction des fluctuations d'abondance et de biomasse pendant trois années sur les deux moulières, et (3) rechercher l'origine de ces changements en relation avec les variations de la température et les contraintes anthropiques défavorables sur l'environnement.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Caractéristiques des moulières étudiées

Les deux moulières de la côte est algéroise (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995), Bordj El Kiffan et Boudouaou, appartiennent à la zone médiolittorale en mode battu. Elles reposent sur des platiers rocheux morcelés d'une quinzaine de mètres carrés de superficie facilement accessibles à

piéd. De ce fait, les moules sont soumises à une forte cueillette anarchique par les riverains et les estivants, à la fois pour servir d'appât pour la pêche et pour la consommation humaine. La moulière de Bordj El Kiffan est bordée d'habitations de plus en plus nombreuses construites à même la plage et responsables de rejets domestiques abondants sans traitement préalable. La moulière de Boudouaou, est surplombée d'une falaise qu'il a fallu endiguer en 1987 pour protéger le village de Boudouaou; ces travaux ont alors provoqué un ensablement progressif des moulières.

### Conditions hydroclimatiques

L'est algérois est caractérisé par des mois estivaux (juillet-août) secs et ensoleillés: pluviométrie de 0 à 3,6 mm et température de l'air atteignant 27 °C, et des mois d'hiver relativement pluvieux (jusqu'à 150 mm d'eau par mois, de décembre à février) et frais, de 9 °C à 12 °C de décembre à février. La houle d'ouest est relativement forte pendant les tempêtes. Des périodes d'exondation pouvant atteindre la semaine existent toute l'année lors des périodes de fortes pressions atmosphériques; elles sont particulièrement défavorables pendant les périodes de fort ensoleillement, de la fin du printemps au début de l'automne. De décembre 1984 à mars 1991, les températures de l'air et de l'eau ont été mesurées à chaque sortie à l'aide d'un thermomètre de terrain, avec une précision de 0,1 °C.

### Echantillonnage et traitements des échantillons

Pendant toute la durée de l'échantillonnage, les prélèvements ont été effectués une à deux fois par mois par grattage systématique de deux à six surfaces de 150 cm<sup>2</sup> chacune selon l'état de la mer. Les moules sont ensuite rapportées au laboratoire, identifiées, comptées, mesurées (longueur antéro-postérieur, avec une précision de 0,1 mm) débarassées des épibiontes, puis un lot de 15 à 20 individus de chaque espèce, répartis sur tout le gradient de taille observé, est conservé pour la détermination des

relations d'allométrie taille-biomasse. Les biomasses sont déterminées selon le protocole suivant: mesure de la biomasse fraîche, passage à l'étuve à 70 °C pendant au moins 48 h, extraction de la chair et pesée de la coquille seule, la biomasse de chair sèche correspond à la biomasse fraîche moins le poids de coquille sèche. Les relations d'allométrie ont ainsi été déterminées pour les deux espèces dans les deux moulières sur les 43 échantillons prélevés de décembre 1985 à juillet 1989 soit un total de 172 relations (méthode des moindres carrés sur logiciel EXCEL).

La détermination des paramètres (longueur moyenne et écart-type, effectifs) caractérisant chaque composante (cohorte ou classe d'âge) a été faite à l'aide du logiciel NORMSEP selon la méthode décrite par Gros et Cochard (1978) et utilisée par Abada-Boudjema et Dauvin (1995). A chaque date d'échantillonnage, les biomasses de chaque cohorte ou classe d'âge identifiées ont été calculées à partir de la relation d'allométrie correspondante et de l'effectif dans chaque intervalle de classes de 3 mm; les biomasses totales correspondent à la somme des biomasses de chaque cohorte ou classe d'âge.

Les densités et les biomasses sont exprimées en nombre d'individus par m<sup>2</sup> et en biomasse sèche en g. m<sup>-2</sup>. La production nette ou d'accumulation (P) et la production de transfert ou d'élimination (E) exprimées en g. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> ont été estimées pour les années 1986, 1987 et 1988 en employant une méthode dérivée de Allen (1950, 1971) et décrite dans Dauvin (1986). La production nette « P » qui est égale au produit de la moyenne de densité entre deux échantillonnages par la différence de poids individuel moyen entre ces deux échantillonnages  $P = \frac{N_t + N_{t+1}}{2} \cdot W_{t+1} - W_t$ , permet de prendre en considération les accroissements pondéraux du fait de la croissance individuelle. ( $N_t$  et  $W_t$  étant les effectifs et poids individuel moyen d'une cohorte ou d'une classe d'âge au temps  $t$ ;  $N_{t+1}$  et  $W_{t+1}$  les effectifs et poids individuel moyen d'une cohorte ou classe d'âge au temps  $t + 1$ ); la production de transfert « E » égale au produit de la moyenne des poids individuels entre deux échantillonnages et de la différence de densité entre ces deux échantillonnages  $E = \frac{W_t + W_{t+1}}{2} \cdot N_{(t+1)} - N_t$  correspond à la variation d'effectifs par unité de temps du fait de l'élimination des individus (mortalité, émigration) et permet de mesurer l'élimination de la biomasse produite. Les P/B et les E/B ont ensuite été calculés pour chaque espèce à chaque station.

La méthode des sommes cumulées (Ibanez *et al.*, 1993; Dauvin *et al.*, 1993) a été appliquée aux effectifs des deux moules dans les deux stations et aux températures de l'air de décembre 1984 à mars 1991 pour détecter des relations éventuelles entre les changements interannuels d'abondance et les changements thermiques.

## RESULTATS

### Evolution des températures de l'air

Les températures de l'air et de l'eau évoluent de façon synchrone et similaire dans les deux stations. La figure 1 illustre les variations saisonnières de la température de l'air

à la station Bordj El Kiffan. Elles sont marquées par des minima hivernaux voisins de 13 °C et des maxima estivaux légèrement supérieurs à 25 °C. Il convient de noter les maxima estivaux élevés de 1979, 1987 et 1990 et l'hiver relativement rigoureux en 1991 à l'inverse de celui de 1988 plus clément avec des minima voisins de 15 °C.

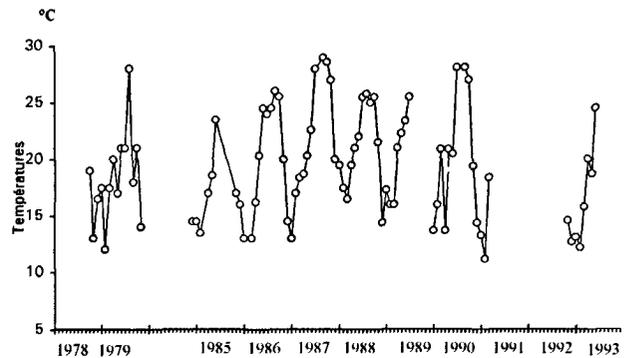


Figure 1

Evolution temporelle de la température de l'air à Bordj El Kiffan de 1978 à 1993.

Temporal changes of air temperature at Bordj El Kiffan from 1978 to 1993.

Les profils des sommes cumulées des températures de l'air de décembre 1984 à mars 1991 présentent les mêmes tendances dans les deux stations avec une succession de neuf principales périodes (fig. 3): (A) période de refroidissement de décembre 1984 à septembre 1986, suivie d'une courte période de stabilité jusqu'en juillet 1987 (B), puis d'une période de réchauffement jusqu'en juillet 1988 (C) et enfin par une succession de six périodes de courte durée (de D à I) où alternent des périodes de refroidissement et de réchauffement modérés traduisant les variations saisonnières des températures sans tendance pluriannuelle.

### Populations de Bord El Kiffan

#### Densité

*P. perna* présente une évolution pluriannuelle en dôme (fig. 2a) avec des densités élevées seulement au cours de la période 1986-1988 à la faveur de bons recrutements au cours de ces trois années (densités maximales dépassant 5500 ind. m<sup>-2</sup> en juillet 1986), les densités sont relativement faibles au début des observations en 1978-1979 et en 1985, puis de 1989 à 1991. Seulement quelques individus ont été collectés de 1992 à 1993 (tab. 1).

*M. galloprovincialis* (fig. 2b) montre en toute occasion des densités plus élevées que *P. perna* (fig. 2a); elle présente de plus des variations saisonnières de densité marquées par des minima hivernaux et des maxima printanniers ou estivaux. Pendant la période d'observation de 1978 à 1993, les valeurs les plus élevées sont enregistrées en 1986, 1987 et 1988 (maxima > 16000 ind. m<sup>-2</sup>). En 1979 et 1985, les maxima sont légèrement plus faibles (~ 12000 ind. m<sup>-2</sup>). De 1989 à 1991, les densités demeurent inférieures

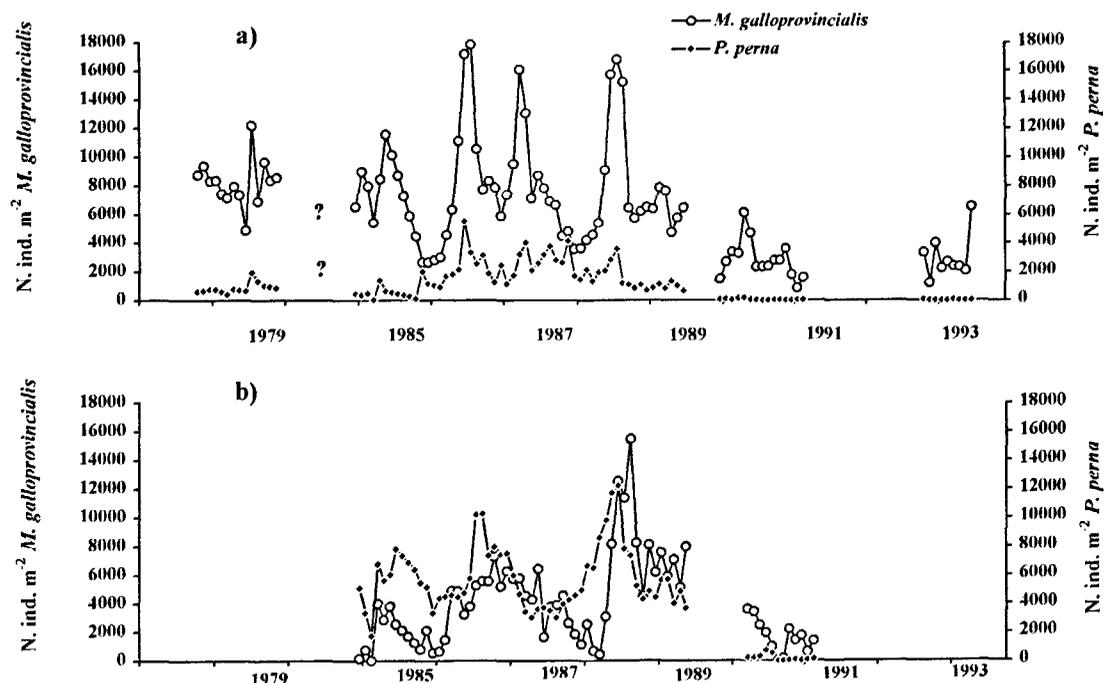


Figure 2

Evolution à long terme de la densité (N. ind. m<sup>-2</sup>) de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans les moulières naturelles de Bordj El Kiffan (a) et Boudouaou (b).

Long-term changes in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* population densities (N. ind. m<sup>-2</sup>) at Bordj El Kiffan (a) et Boudouaou (b) mussel beds.

Tableau 1

Densités moyennes annuelles et dominance de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans la moulière de Bordj El Kiffan de 1978 à 1993.

Mean annual density and dominance of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from the Bordj El Kiffan mussel bed from 1978 to 1993.

Années	Density moyenne	%	Densité moyenne	%
	<i>Perna perna</i>		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	
1978	660	7,0	8821	93,0
1979	908	10,1	8080	89,1
1985	551	7,1	7266	92,9
1986	2194	20,9	8321	79,1
1987	2808	25,5	8212	74,5
1988	1765	18,0	8054	82,0
1989	687	11,2	5444	88,8
1990	46	1,4	3131	98,6
1991	16	1,1	1396	98,9
1992	37	1,1	3500	98,9
1993	13	0,6	2249	99,4

à 7500 ind. m<sup>-2</sup> et décroissent progressivement jusqu'à atteindre 850 ind. m<sup>-2</sup> en mars 1991. Les observations de 1992-1993 confirment la réduction des effectifs de cette espèce depuis 1989 avec cependant une densité voisine de 7500 ind. m<sup>-2</sup> en juillet 1993 témoin d'un recrutement relativement important.

Sur cette moulière, *M. galloprovincialis* est l'espèce dominante (tab. 1); elle représente environ 90 % de la

totalité des deux espèces. Sa dominance est toutefois plus faible de 1986 à 1988, période de bons recrutements de *P. perna* (densités moyennes > 1700 ind. m<sup>-2</sup>); à l'inverse, elle devient très dominante de 1990 à 1993 avec 99 % de la totalité des deux espèces du fait de la quasi-disparition de *P. perna*. Après une période de stabilité pendant plus de dix ans (1978 à 1988, densités moyennes ~ 8000 ind.m<sup>-2</sup>), les densités de *M. galloprovincialis* diminuent progressivement de 1989 à 1993 avec de faibles densités moyennes en 1991. Chez *P. perna* les densités moyennes annuelles ne sont importantes que de 1986 à 1988 (tab. 1).

Sommes cumulées des densités

Les profils des sommes cumulées des densités sont différents chez les deux espèces (fig. 3): la série *P. perna* se décompose en trois principales périodes et la série *M. galloprovincialis* en sept périodes (tab. 2). Chez *P. perna* (fig. 3a) la première période correspond à une décroissance des effectifs de décembre 1984 à mars 1986, la seconde période de plus longue durée (avril 1986 à août 1988) correspond à un accroissement de la population, enfin la troisième période (septembre 1988 à mars 1991) traduit une décroissance des effectifs à la fin des observations. Chez *M. galloprovincialis* (fig. 3b) les deux premières périodes de courte durée, de décembre 1984 à septembre 1985 et d'octobre 1985 à mai 1986, montrent un accroissement puis une réduction des effectifs, elles sont suivies par une période de plus longue durée (juin 1986-octobre 1987) d'accroissement important des effectifs,

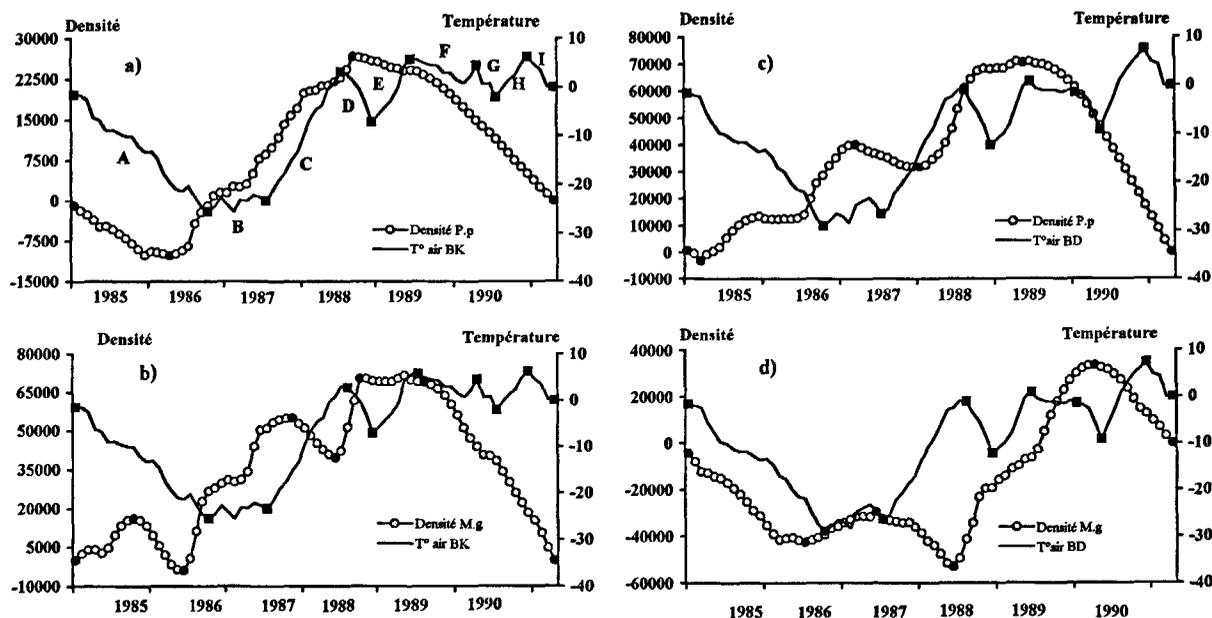


Figure 3

Sommes cumulées des écarts à la moyenne pour les températures et les densités de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans les moulières naturelles de Bordj El Kiffan et Boudouaou : (a) *P. perna* à Bordj El Kiffan ; (b) *M. galloprovincialis* à Bordj El Kiffan ; (c) *P. perna* à Boudouaou ; (d) *M. galloprovincialis* à Boudouaou. Les points noirs indiquent les limites des différentes périodes identifiées.

Cumulated function of the air temperature and the mean densities of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from Bordj El Kiffan and Boudouaou mussel beds. a) *P. perna* at Bordj El Kiffan; (b) *M. galloprovincialis* at Bordj El Kiffan; (c) *P. perna* at Boudouaou; (d) *M. galloprovincialis* at Boudouaou. The black points show the limits of the different identified periods.

la quatrième période jusqu'au printemps 1988 traduit une décroissance automnale et hivernale des effectifs, la cinquième période de croissance des effectifs (juin-septembre 1988) rend compte des recrutements 1988, elle est suivie d'une période de stabilité jusqu'au printemps 1989. La septième période de décroissance rapide et brutale des densités dure jusqu'à la fin des observations. Bien que le profil de *Mytilus* soit plus chaotique, il faut noter le relativement bon synchronisme entre les périodes de faibles densités (1984 à mi-1986), les périodes de croissance (mi-1986 à 1988) puis de décroissance des deux espèces (1989-1991). Aucune relation simple n'existe entre les sommes cumulées des températures de l'air et celles des abondances des deux moules (fig. 3 a, b).

*Biomasse individuelle*

L'évolution temporelle de la biomasse individuelle d'un individu standard de 30 mm chez les deux espèces (fig. 4 a) montre des fluctuations assez erratiques. Au début de 1987, et à la fin de 1988, des augmentations puis des décroissances assez fortes de la biomasse individuelle de *M. galloprovincialis* suggèrent l'existence de périodes d'accumulation puis d'amaigrissement des individus, sans doute en relation avec la succession de période de maturation puis de ponte. Chez *P. Perna* les changements annuels apparaissent plus reproductibles d'une année à l'autre: maximum de biomasse en avril-mai et août, suivi immédiatement d'une décroissance brutale suggérant l'existence de deux périodes de ponte massive au printemps et en été. Une période de croissance et de décroissance de

Tableau 2

Valeurs de densités (N. ind. m<sup>-2</sup>) de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans la moulière naturelle de Bordj El Kiffan au cours des trois périodes (*P. perna*) ou des sept périodes (*M. galloprovincialis*), identifiées par la méthode des sommes cumulées.

Density values (N. ind. m<sup>-2</sup>) of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from the Bordj El Kiffan mussel bed during the three periods (*P. perna*) or seven periods (*M. galloprovincialis*), identified by the cumulated functions.

Périodes	<i>M. galloprovincialis</i>	Périodes	<i>P. perna</i>
(1) Déc 84-Sept 85	8154	(1) Déc 84-Mars 86	640
(2) Oct 85-Mai 86	4026	(2) Avril 86-Août 88	420
(3) Juin 86-Oct 87	9993	(3) Sept 88-Mars 91	420
(4) Nov 87-Mai 88	4364		-
(5) Juin 88-Sept 88	14222		-
(6) Oct 88-Juil 89	6388		-
(7) Août 89-Mars 91	3083		-

la biomasse individuelle peut également être enregistrée l'automne comme en novembre 1986.

*Biomasses*

*P. perna* présente des variations pluriannuelles de biomasses relativement synchrones de celles des densités (fig. 2 a) avec un maximum annuel autour de 1500 g. m<sup>-2</sup> en 1987 et en 1988, et de 1000 g. m<sup>-2</sup> en 1986 (fig. 5). Chez *M. galloprovincialis*, les variations de biomasses ne

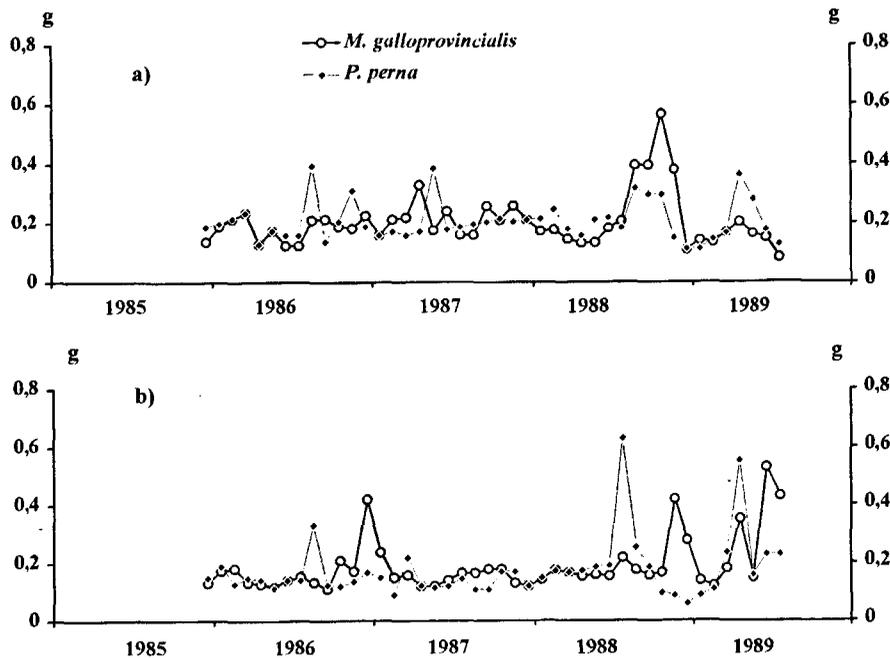


Figure 4

Evolution temporelle de la biomasse individuelle d'un animal standard de 30 mm chez *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans les moulières naturelles de Bordj El Kiffan (a) et Boudouaou (b) de décembre 1985 à juillet 1989.

Temporal changes in a 30 mm standard animal of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from Bordj El Kiffan (a) and Boudouaou (b) mussel beds from December 1985 to July 1989.

sont pas exactement synchrones de celles des densités; ainsi le pic de biomasse de 1986 est bien moins prononcé que celui des densités. Les valeurs maximales sont notées en avril 1987 et en août 1988 et avoisinent  $2500 \text{ g. m}^{-2}$ ; en 1986, les biomasses sont plus faibles et ne dépassent guère  $1000 \text{ g. m}^{-2}$ . Il existe chez les deux espèces, notamment en 1986 une succession de croissance et de décroissance modérées des biomasses pouvant traduire des phases de croissance pondérale suivie de pontes partielles des individus matures. A partir de septembre 1988, les biomasses montrent une décroissance considérable chez les deux espèces avec chez *P. perna* des valeurs demeurant inférieures à  $500 \text{ g. m}^{-2}$  sauf en avril et chez *M. galloprovincialis*, des valeurs oscillant autour de cette valeur (fig. 5).

#### Productions

Chez *P. perna*, la biomasse moyenne annuelle augmente de 28% entre 1986 et 1987 puis retrouve en 1988 une valeur proche de celle de 1986 (tab. 5). La production d'accumulation (P) augmente également entre les années 1986 et 1987 (72%) puis diminue de près de cinq fois en 1988. La production de transfert (E) suit les mêmes variations que la biomasse. Les productions sont fournies à la fois par des individus âgés de plus d'un an et par ceux de la deuxième ou troisième cohorte de l'année. Les P/B sont supérieurs à 2,00 en 1986 et 1987 et seulement de 0,75 en 1988 du fait de la disparition précoce des individus de la classe 1987. Le rapport E/B reste relativement élevé et varie entre 2,42 et 3,15.

Tableau 3

Densités moyennes annuelles et dominance de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans la moulière naturelle de Boudouaou de 1985 à 1991.

Mean annual density and dominance of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from the Boudouaou mussel bed from 1985 to 1991.

Années	Density moyenne	%	Densité moyenne	%
	<i>Perna perna</i>		<i>Mytilus galloprovincialis</i>	
1985	5402	75,6	1744	24,4
1986	6600	59,2	4557	40,8
1987	3919	49,0	4082	51,0
1988	7508	54,1	6368	45,9
1989	3863	31,7	8296	68,3
1990	431	13,5	2759	86,5
1991	78	8,3	944	91,7

*M. galloprovincialis* présente des productions d'accumulation et de transfert beaucoup plus élevées que celles de *P. perna* malgré des biomasses de même ordre de grandeur en 1986 et 1987; en 1988 la biomasse moyenne annuelle est près du double de celles enregistrées en 1986 et 1987 (tab. 5). De même, les productions d'accumulation et de transfert sont aussi de 2 à 1,5 fois celles observées en 1986 et 1987. La moyenne des biomasses annuelles au cours des trois années atteint  $791 \text{ g. m}^{-2}$  contre  $486 \text{ g. m}^{-2}$  chez *P. perna*. La moyenne des productions d'accumulation ( $2581 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ ) est voisine de celle des productions de transfert ( $2356 \text{ g. m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ ). En 1986 et 1987, l'essentiel des productions est

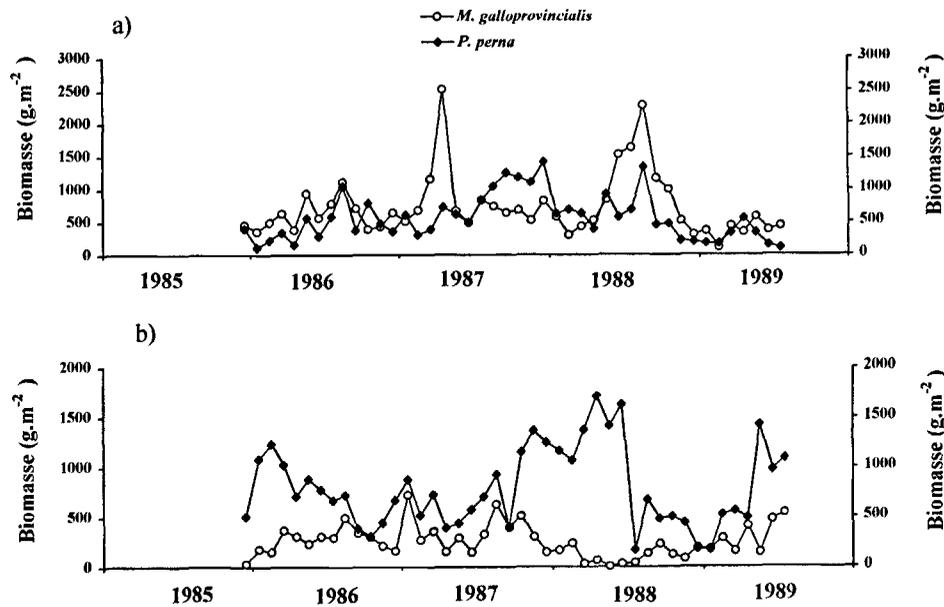


Figure 5

Evolution temporelle de la biomasse ( $\text{g. m}^{-2}$  de poids sec de chair) de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans les moulières naturelles de Bordj El Kiffan (a) et Boudouaou (b) de décembre 1985 à juillet 1989.

Temporal changes in biomass ( $\text{g. m}^{-2}$  of dry tissue weight) of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from Bordj El Kiffan (a) and Boudouaou (b) mussel beds from December 1985 to July 1989.

Tableau 4

Valeurs de densités ( $\text{N. ind. m}^{-2}$ ) de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans la moulière de Boudouaou au cours des cinq périodes identifiées par la méthode des sommes cumulées.

Density values ( $\text{N. ind. m}^{-2}$ ) of *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from the Boudouaou mussel bed during the five periods identified by the cumulated functions.

Périodes	<i>M. galloprovincialis</i>	Périodes	<i>P. perna</i>
(1) Déc 84-Juin 86	2226	(1) Déc 84-Fév 85	3389
(2) Juillet 76-Mai 87	5623	(2) Mars 85-Fév 87	6247
(3) Juin 87-Mai 88	2514	(3) Mars 87-Nov 87	3532
(4) Juin 88-Mars 90	8396	(4) Déc 87-Mars 89	6904
(5) Avril 90-Mars 91	1681	(5) Avril 89-Mars 91	1498

fourni par des individus âgés d'un an ou de deux ans; en 1988, la participation des jeunes individus aux deux productions est notable (tab. 5). Les P/B sont très voisins d'une année à l'autre et supérieurs à 3,00; les E/B sont beaucoup plus variables (2,22 à 4,16), la valeur élevée de 1987 traduit la disparition des plus vieux individus de la moulière.

**Populations de Boudouaou**

*Densité*

*P. perna* montre des recrutements importants (autour de  $10000 \text{ ind. m}^{-2}$ ) sauf en 1987 où la valeur maximale n'est que de  $3700 \text{ ind. m}^{-2}$  et de 1989 à 1991 (fig. 2)

où les densités décroissent progressivement, de  $5700 \text{ ind. m}^{-2}$  à  $134 \text{ ind. m}^{-2}$  en mars 1991. Ces maxima résultent de l'apport important de juvéniles qui se sédentarisent essentiellement en début d'été. En revanche en 1987 et à partir de 1989 du fait de l'absence d'un important dépôt de naissain les densités restent faibles (les valeurs maximales ne dépassent pas  $4000 \text{ ind. m}^{-2}$ ) (tab. 3). Chez *M. galloprovincialis* les pics les plus importants sont observés en 1988 et 1989 entre les mois de juillet et septembre (fig. 2). Dès août 1988, la densité de cette espèce devient supérieure à celle de *P. perna*. Les autres années, les pics sont de moindre importance et s'observent aussi bien au printemps (près de  $4000 \text{ ind. m}^{-2}$  en 1985 et de  $6500 \text{ ind. m}^{-2}$  en 1987) qu'en automne (plus de  $7000 \text{ ind. m}^{-2}$  en 1986) (tab. 3).

Les densités moyennes annuelles des deux espèces évoluent en sens inverse (tab. 3). Chez *P. perna* les valeurs diminuent de 28,5% jusqu'en 1989 alors que, pendant la même période, elles augmentent de 79% chez *M. galloprovincialis*. Pourtant, chez les deux espèces, entre 1989 et 1991, les densités diminuent de 98% chez la première et de 89% chez la seconde. En outre, le taux d'occupation de *P. perna* par rapport aux moules récoltées passe de 76% en 1985 à seulement 8% en 1991. Celui de *M. galloprovincialis*, au contraire augmente et atteint, à la fin de nos observations, 92%. Cette dernière espèce a ainsi fini par supplanter *P. perna* probablement du fait de sa résistance aux diverses agressions de l'environnement et surtout de sa plus petite taille, véritable atout. Cependant, il convient de signaler qu'en cinq ans, la diminution de la densité chez *M. galloprovincialis* est considérable et voisine de 46%. Malgré sa meilleure représentativité

Tableau 5

Production et biomasse annuelle (g. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup>) des populations de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans la moulière naturelle de Bordj El Kiffan de 1986 à 1988 (C=cohorte; B=biomasse; P=production d'accumulation; E=production d'élimination).

Annual production and biomass (g. m<sup>-2</sup>. yr<sup>-1</sup>) in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from the Bordj El Kiffan mussel bed from 1986 to 1988 (C=cohort; B=biomass; P=production; E=elimination).

Bordj El Kiffan <i>Perna perna</i>					Bordj El Kiffan <i>Mytilus galloprovincialis</i>				
Années	C	B	P	E	Années	C	B	P	E
1986	C83	/	/	/	1986	C83	10,83	65,00	195,02
	C84	/	/	/		C84	191,97	491,10	272,20
	C85	399,94	755,55	1201,90		C85	396,78	1407,49	904,33
	C861	0,00	0,11	0,02		C861	58,49	224,03	86,93
	C862	35,77	147,65	45,73		C862	/	/	/
	C863	0,19	1,51	1,81		C863	/	/	/
	<b>Total</b>	<b>435,80</b>	<b>904,82</b>	<b>1249,46</b>		<b>Total</b>	<b>658,07</b>	<b>2187,62</b>	<b>1458,48</b>
<b>P/B, E/B</b>		<b>2,08</b>	<b>2,87</b>	<b>P/B, E/B</b>		<b>3,32</b>	<b>2,22</b>		
1987	C85	/	/	/	1987	C85	291,47	7,65	505,86
	C861	536,35	919,30	1259,11		C861	195,06	1472,79	1529,82
	C862	3,29	17,39	11,69		C862	/	/	/
	C871	0,93	5,60	5,60		C871	7,27	18,93	18,93
	C872	0,02	0,10	0,15		C872	7,72	35,01	31,38
	C873	62,43	611,32	621,84		C873	/	/	/
	<b>Total</b>	<b>603,02</b>	<b>1553,62</b>	<b>1898,39</b>		<b>Total</b>	<b>501,52</b>	<b>1534,38</b>	<b>2085,99</b>
<b>P/B, E/B</b>		<b>2,58</b>	<b>3,15</b>	<b>P/B, E/B</b>		<b>3,06</b>	<b>4,16</b>		
1988	C862	86,67	42,55	435,90	1988	C86	104,59	697,92	1253,02
	C873	272,55	54,69	370,32		C873	666,86	1344,83	292,95
	C881	0,09	0,06	61,00		C881	0,86	4,49	4,49
	C882	60,92	216,10	151,00		C882	434,73	1972,67	1972,67
	C883	0,06	0,34	0,07		C883	6,61	0,82	0,82
	<b>Total</b>	<b>420,29</b>	<b>313,74</b>	<b>1018,29</b>		<b>Total</b>	<b>1213,65</b>	<b>4020,73</b>	<b>3523,95</b>
	<b>P/B, E/B</b>		<b>0,75</b>	<b>2,42</b>		<b>P/B, E/B</b>		<b>3,31</b>	<b>2,90</b>

*M. galloprovincialis* est aussi en voie de disparition sur la moulière de Boudouaou.

#### Sommes cumulées

Chez *P. perna* (fig. 3c) comme chez *M. galloprovincialis* (fig. 3d) cinq périodes globales, quoique de durées différentes, sont mises en évidence. Des périodes de croissance alternent avec des périodes de décroissance (tab. 4). Alors que chez *M. galloprovincialis* la décroissance (1) enregistrée depuis décembre 1984 se poursuit sur 18 mois, avec une période de stabilité de quatre mois entre février 1986 et juin 1986, chez *P. perna* la décroissance (1) ne s'observe que durant deux mois jusqu'en février 1985. Elle est suivie d'une augmentation (2) qui s'étale sur 24 mois et se poursuit jusqu'en février 1987. Cette longue période d'abondance est entrecoupée d'une phase de stabilité qui dure six mois (de novembre à mai 1986) et traduit en fait d'une part l'absence d'apport de nouveaux individus et d'autre part la présence de faibles mortalités. Chez *M. galloprovincialis* la période d'abondance est plus courte et ne s'observe que jusqu'en mai 1987. Elle est suivie d'une période de décroissance jusqu'en mai 1988. Cette période (3) comprend deux phases. La première correspond à une période de relative stabilité jusqu'en octobre 1987; la seconde traduit une importante décroissance jusqu'en mai 1988. Chez *P. perna*, la phase 3 qui correspond à

une diminution des effectifs ne dure que 9 mois (de mars 1987 à novembre 1987). Elle est suivie d'une période d'abondance (4) qui s'étale sur 16 mois chez *P. perna* jusqu'en mars 1989 et sur 21 mois jusqu'en mars 1990 chez *M. galloprovincialis*. La dernière période (5) est notée jusqu'à la fin de nos observations. Elle est plus longue chez *P. perna* et se poursuit jusqu'en mars 1991. Chez *M. galloprovincialis*, la dernière phase traduisant également une période de réduction d'abondance s'étale seulement d'avril 1990 à mars 1991 (tab. 4). Bien que les points de rupture soient décalés et que les différentes périodes soient de durées inégales, à partir de la moitié 1986, la quasi-similarité des profils des deux populations est remarquable. Les profils de température ne montrent pas de relations linéaires étroites avec ceux de la densité. Ils diffèrent aussi bien par les tendances et les points de rupture.

#### Biomasse individuelle

L'évolution temporelle de la biomasse individuelle d'un individu standard de 30 mm chez les deux espèces (fig. 4b) montre comme à Bord El Kiffan des fluctuations erratiques et, de plus, sans véritable synchronisme entre les deux moulières. Il convient de noter la quasi-absence de variations de la biomasse individuelle chez les deux espèces en 1987. Chez *M. galloprovincialis*, l'augmentation pondérale se produit au cours de l'été (août 1986, juillet

Tableau 6

Production et biomasse annuelle ( $\text{g. m}^{-2} \text{. an}^{-1}$ ) des populations de *Perna perna* et *Mytilus galloprovincialis* dans la moulière naturelle de Boudouaou de 1986 à 1988 (C = cohorte; B = biomasse; P = production d'accumulation; E = production d'élimination).

Annual production and biomass ( $\text{g. m}^{-2} \text{. yr}^{-1}$ ) in *Perna perna* and *Mytilus galloprovincialis* from the Boudouaou mussel bed from 1986 to 1988 (C = cohort; B = biomass; P = production; E = elimination).

Boudouaou <i>Perna perna</i>					Boudouaou <i>Mytilus galloprovincialis</i>				
Années	C	B	P	E	Années	C	B	P	E
1986	C83	117,86	384,45	364,19	1986	C83	4,35	26,10	26,10
	C84	266,27	434,18	1176,55		C84	113,17	1072,00	9,10
	C85	312,46	754,04	588,44		C85	159,45	271,20	167,91
	C861	0,10	0,64	0,64		C861	15,91	42,02	7,60
	C862	0,19	2,86	1,73		C862	/	/	/
	C863	103,94	510,76	25,69		C863	/	/	/
	<b>Total</b>	<b>800,82</b>	<b>2086,93</b>	<b>2157,24</b>		<b>Total</b>	<b>292,88</b>	<b>1411,32</b>	<b>210,71</b>
<b>P/B, E/B</b>		<b>2,61</b>	<b>2,69</b>	<b>P/B, E/B</b>		<b>4,82</b>	<b>0,72</b>		
1987	C85	18,64	41,10	93,05	1987	C85	33,65	117,09	245,27
	C86	705,61	1334,00	702,06		C86	216,38	102,66	35,57
	C871	73,65	151,19	791,14		C871	3,02	4,86	13,30
	C872	0,15	0,00	0,00		C872	/	/	/
	C873	0,23	0,00	1,38		C873	/	/	/
	<b>Total</b>	<b>798,28</b>	<b>1526,29</b>	<b>1677,63</b>		<b>Total</b>	<b>253,05</b>	<b>224,61</b>	<b>294,14</b>
	<b>P/B, E/B</b>		<b>1,91</b>	<b>2,10</b>		<b>P/B, E/B</b>		<b>0,89</b>	<b>1,16</b>
1988	C86	238,01	1539,80	1730,00	1988	C86	52,13	49,99	8,79
	C871	318,17	449,74	754,26		C871	6,49	5,58	6,11
	C872	188,81	459,08	593,58		C872	/	/	/
	C881	69,81	386,24	0,45		C881	68,30	195,53	7,10
	C882	244,04	239,96	126,98		C882	/	/	/
	C883	0,02	0,10	0,10		C883	/	/	/
	<b>Total</b>	<b>1058,86</b>	<b>3074,92</b>	<b>3205,37</b>		<b>Total</b>	<b>126,92</b>	<b>251,10</b>	<b>22,00</b>
<b>P/B, E/B</b>		<b>2,90</b>	<b>3,03</b>	<b>P/B, E/B</b>		<b>1,98</b>	<b>0,17</b>		

1988) et en avril (1989), elle est suivie d'une forte décroissance suggérant des pontes estivales ou printanières. Chez *P. perna* les périodes de croissance et de décroissance de la biomasse individuelle sont automnale: novembre-décembre, ou printanière, avril et juin 1989.

#### Biomasses

Les variations temporelles de la biomasse de *P. perna* sont caractérisées par des valeurs élevées du début de l'année à la fin de l'été puis par une décroissance quelquefois brutale, comme en 1988, au début de l'automne (fig. 5). Les valeurs maximales observées dépassent  $1500 \text{ g. m}^{-2}$ , elles sont synchrones de celles de la densité comme en 1987 et 1988 ou correspondent à une décroissance de la densité, comme en 1989; la croissance de la biomasse est alors due à une croissance pondérale des plus vieux individus.

Chez *M. galloprovincialis*, les valeurs de biomasse sont nettement inférieures à celles de *P. perna*, du fait des petites tailles des individus vivant sur cette moulière. Les valeurs les plus élevées ne dépassent guère  $800 \text{ g. m}^{-2}$  en janvier 1987 et  $500 \text{ g. m}^{-2}$  en juin-juillet 1989. Durant tout le printemps et l'été 1988, les biomasses sont très faibles malgré l'augmentation des effectifs; les biomasses augmentent ensuite assez régulièrement jusqu'à la fin des observations de 1989. Malgré la dominance numérique de

*M. galloprovincialis* (fig. 2b), ses biomasses demeurent plus faibles que celles de *P. perna* en relation avec sa plus petite taille.

#### Productions

Chez *P. perna*, la biomasse moyenne annuelle reste stable entre 1986 et 1987 puis augmente légèrement en 1988 (tab. 6): la moyenne des biomasses annuelles atteint  $886 \text{ g. m}^{-2}$  soit près du double de celle évaluée à Bord El Kiffan. La production d'accumulation (P) diminue fortement entre 1986 et 1987 malgré des biomasses moyennes comparables; elle double entre 1987 et 1988. La production de transfert (E) suit les mêmes variations que la production d'accumulation (tab. 6). Les productions sont fournies essentiellement par des individus âgés de plus d'un an, sauf en 1988 où les individus des cohortes de l'année participent aussi aux productions. Les P/B sont élevés en 1986 et 1988 et plus faibles en 1987. Le rapport E/B reste relativement élevé et varie entre 2,10 en 1987 et 3,03 en 1988.

Les biomasses moyennes annuelles de *M. galloprovincialis* diminuent régulièrement de 1986 à 1988. Les productions d'accumulation et de transfert, les P/B et les E/B sont très variables d'une année à l'autre. Ces derniers fluctuent de 0,89 à 4,82 et de 0,17 à 1,16 respectivement, traduisant une instabilité temporelle de cette espèce sur cette moulière.

Le faible rapport E/B relevé en 1988 est témoin de l'installation soutenue de l'espèce au cours de ce cycle annuel.

## DISCUSSION

Le suivi des populations des deux espèces de moules dans les deux moulières sur une période de cinq ans, complété par des observations complémentaires antérieures (1978-1979) et postérieures (1992-1993) sur la seule moulière de Bordj El Kiffan ont permis de mettre en évidence les changements temporels de leur abondance. Chez les deux espèces et dans les deux sites, les densités maximales sont printanières ou estivales et succèdent aux sédentarisation massives qui constituent le principal apport pour le renouvellement de ces populations (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995). Les valeurs maximales dépassant les 10000 ind. m<sup>-2</sup> (5500 ind. m<sup>-2</sup> chez *P. perna* de Bordj El Kiffan) observées en 1986, 1987 et 1988 sont dues à la présence d'un nombre important d'individus de taille inférieure à 9 mm dont le taux sur les deux sites dépasse largement les 50 %, excepté en 1987 chez *P. perna* à Boudouaou du fait exceptionnel de l'absence de sédentarisation massive chez cette espèce durant cette période (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995). En outre la proportion des individus ne dépassant pas 21 mm chez les deux espèces dans les deux stations reste relativement très élevée, supérieure à 70 %, pendant l'été. En 1988 et en 1989 cette proportion chez *M. galloprovincialis* à Boudouaou concerne quasiment tous les individus récoltés (observation des auteurs). Cela explique sans doute pourquoi les effectifs de cette espèce sont relativement élevés dans les deux moulières et dépassent largement ceux de *P. perna* dès l'été 1988. Ces valeurs de densité restent néanmoins conformes à celles relevées par certains auteurs à la suite de sédentarisation massives. Bellan-Santini (1969) signale en effet, chez *M. galloprovincialis* des côtes françaises méditerranéennes, des densités pouvant atteindre jusqu'à 11465 ind. m<sup>-2</sup> en eau pure et 24445 ind. m<sup>-2</sup> en eau moyennement polluée du fait de la présence d'un maximum de jeunes individus. De même, selon Berry (1978) la densité de *P. perna*, sur les côtes Est d'Afrique du Sud, peut dépasser 210000 ind. m<sup>-2</sup> chez des individus dont la taille est comprise entre 1 mm et 9 mm. En revanche, Shafee (1992) note seulement une densité moyenne de 3000 ind. m<sup>-2</sup> en ne prenant pas en compte les jeunes de moins de 10 mm. Cependant il convient de noter que, malgré ces fortes valeurs de densités jusqu'en été 1988, les effectifs des deux espèces dans les deux moulières ont fini par s'effondrer. En particulier *P. perna* a quasiment disparu de la moulière de Bordj El Kiffan (seulement 13 ind. m<sup>-2</sup> en 1993) et sa proportion, à Boudouaou, est passée de 76 % en 1985 à seulement 8 % en 1991.

A Bordj El Kiffan les profils de densité mis en évidence chez les deux espèces révèlent essentiellement une reprise des abondances de 1986 à 1988 précédée et suivie d'une période de décroissance. Cette recrudescence de la population n'est que le reflet des importantes sédentarisation et de la présence d'un nombre

considérable d'individus inférieurs à 21 mm, signalées précédemment.

A Boudouaou les profils de densité, différents chez *P. perna* et chez *M. galloprovincialis*, peuvent être globalement représentés par deux et trois tendances principales (fig. 3c). Chez *P. perna* la première tendance montre un accroissement des effectifs jusqu'à la fin 1988 avec cependant une diminution entre 1987 et 1988 du fait de l'absence de dépôt important de naissain. (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995). Chez *M. galloprovincialis* cette première tendance traduit une période d'adaptation caractérisée par une alternance de diminution, stabilité et augmentation des effectifs. Puis au milieu de l'année 1988, elle semble profiter de la diminution des effectifs de *P. perna* pour occuper le maximum de place et se développer. Le phénomène se poursuit jusqu'en 1990, même durant la période où *P. perna* se stabilise puis décroît. Cette observation permet de compléter l'hypothèse émise par Abada-Boudjema et Mouëza (1981) selon laquelle la dominance de *M. galloprovincialis* à Bordj El Kiffan résulterait du fait que son naissain se sédentarise plus tôt que celui de *P. perna*. Ainsi l'absence de naissain de *P. perna* résulterait en partie de la diminution voire de la disparition des adultes susceptibles de pondre. Cette dernière est la conséquence d'une pêche préférentielle plutôt que l'effet des variations thermiques. En effet, le synchronisme imparfait existant entre le refroidissement (1984-1986) et la décroissance chez *P. perna* de Bordj El Kiffan et *M. galloprovincialis* de Boudouaou de même que l'accroissement de la densité de *P. perna* au cours de cette période de refroidissement ne permet pas de conclure à une quelconque influence des basses températures sur les faibles abondances des deux espèces.

Cependant, il convient de ne pas exclure l'action néfaste des fréquentes exondations des deux moulières engendrées par de fortes températures et responsables de la mortalité des moules (Abada-Boudjema et Mouëza, 1981), que ce soit par dessiccation (Suchanek, 1978; Tsuchiya, 1983) ou du fait de la non disponibilité de nourriture (Dare, 1976). Ceci est illustré chez *M. galloprovincialis* à Bordj El Kiffan et à Boudouaou à la suite du réchauffement de juillet 1987 à juillet 1988. Cette seule observation reste cependant insuffisante et n'autorise pas de généraliser l'hypothèse de l'influence des fluctuations des températures sur celle des densités. L'action des vagues, au moment des fortes tempêtes, peut aussi être la cause de la mortalité d'un nombre non négligeable d'individus et contribuer à faire baisser les effectifs. En effet, un certain nombre de cohortes des deux espèces disparaissent durant l'hiver (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995). Selon Asmus (1987) les tempêtes constituent un facteur important de la baisse des effectifs. Il est en effet connu que sous l'influence de la force des vagues les moules peuvent être arrachées de leur substrat, surtout quand elles sont étouffées par le dépôt de détritiques inorganiques et de vase (Ceccherelli et Rossi, 1984) ou par les biodépôts produits par les moules elles-mêmes (Tsuchiya, 1980). Dans ce sens Price (1980) note aussi que, pour répondre à cette pression de l'environnement, *M. edulis* développe un plus grand nombre de filaments du byssus durant les tempêtes hivernales. *M. californianus*

réagit aussi en ajustant sa force d'attache par la production de byssus plus solide en bordure de la moulière qu'en son centre (Witman et Suchanek, 1984). Cette action des vagues peut être responsable de la formation, au sein des moulières, de zones complètement dénudées (Dayton, 1971 ; Paine et Levin, 1981), signes d'une perturbation très prononcée des moulières. Dare (1976) signale aussi que la cause majeure de mortalité chez *M. edulis* à Morecambe Bay est l'étouffement par un excès de biodépôts et la destruction consécutive de la moulière par les vagues. Il convient d'ajouter l'action de la compétition. Harger, (1972) et Suchanek (1985) signalent que lorsque deux espèces de Mytilidés coexistent comme *M. californianus* et *M. edulis*, la compétition interspécifique peut entraîner l'exclusion partielle de l'une d'entre elles. Cependant selon Suchanek (1981) leur coexistence est facilitée par leurs différentes stratégies de vie. Sur les moulières de l'Algérois cette compétition semble jouer en faveur de *M. galloprovincialis* puisque seule cette espèce se maintient dans la moulière de Bordj El Kiffan après l'effondrement des effectifs des deux espèces. A Boudouaou cette espèce avec des densités près de deux fois moins élevées jusqu'en 1988 arrive, à des effectifs sept fois plus importants à partir de 1989. La prédation par le pourpre (*Thais haemastoma*) en particulier à partir du printemps, bien que relativement peu importante, ne doit pas être non plus négligée comme l'atteste l'existence, dans nos échantillons, de coquilles percées. Seed (1969) signale que, lorsque les conditions écologiques ne sont pas défavorables, la mortalité chez les moules est principalement due à une intense prédation. Sur les moulières de l'Algérois, à la prédation naturelle s'ajoutent non seulement une pêche importante surtout des grands spécimens mais aussi la dégradation du milieu par les rejets des eaux usées à Bordj El Kiffan et de l'ensablement du site à Boudouaou (Boubezari et Abada- Boudjema, 1995). Chacun de ces facteurs est perturbant, qu'il agisse seul ou conjointement avec d'autres facteurs. Ainsi, Obert et Michaelis (1991) qui ont suivi pendant dix ans une moulière naturelle dans le bassin de Norderney (mer de Wadden) abritant *M. edulis* arrive à la conclusion que son extrême dégradation réside essentiellement dans l'intensification de la pêche, l'augmentation de la prédation notamment par les oiseaux (eidens) et la succession de trois hivers extrêmement rigoureux qui ont réduit considérablement la population de moules.

Les résultats de biomasse et de production montrent également la dominance de *M. galloprovincialis* à Bordj El Kiffan et celle, jusqu'en 1988, de *P. perna*, à Boudouaou. Ils confirment la réduction des deux espèces de moules, en particulier la disparition des plus vieux individus ; ils attestent aussi les différentes étapes d'adaptation de *M. galloprovincialis* à Boudouaou et son usurpation sur *P. perna*.

Les valeurs moyennes de biomasse annuelle en poids sec de chair sont chez *P. perna* plus importantes à Boudouaou (0,886 kg. m<sup>-2</sup> = 0,730 kg de poids sec de chair libre de cendre) qu'à Bordj El Kiffan (0,486 kg. m<sup>-2</sup> = 0,420 kg de poids sec de chair libre de cendre) alors que chez *M. galloprovincialis* elles sont plus élevées à Bordj El

Kiffan (0,791 kg. m<sup>-2</sup> = 0,677 kg de poids sec de chair libre de cendres) qu'à Boudouaou (0,224 kg. m<sup>-2</sup> = 0,191 kg de poids sec de chair libre de cendres). Ces valeurs restent cependant inférieures (tab. 7) à celles observées chez la même espèce par Hosomi (1985) et chez *M. edulis* par Dare (1976) et Asmus (1987). Les biomasses observées chez *P. perna* sont aussi plus faibles que celles rapportées par ces auteurs. Elles le sont également par rapport aux valeurs observées chez la même espèce en Afrique du sud (Berry 1978) et au Maroc (Shafee, 1992) (tab. 7). En revanche, à l'exception de celles de *M. galloprovincialis* de Boudouaou, les biomasses restent supérieures à la valeur moyenne rapportée par Craeymeersch et al. (1986) chez *M. edulis* (tab. 7).

Les valeurs moyennes de production d'accumulation de 2,6 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> et de transfert de 2,4 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> chez *M. galloprovincialis* de Bordj El Kiffan sont du même ordre de grandeur que celles de *P. perna* de Boudouaou (2,2 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> et 2,3 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> respectivement). Comme pour les biomasses elles sont plus élevées que celles déterminées par Craeymeersch et al. (1986) chez *M. edulis* (entre 0,15 et 0,16 Kg de PSSC. m<sup>-1</sup>. an<sup>-1</sup>). Elles restent parmi les valeurs les plus élevées rapportées chez *M. edulis* par Dare (1976) et chez *M. galloprovincialis* par Hosomi (1985) (tab. 7). Les productions (comprises entre 0,30 et 0,53 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup>) déterminées chez *M. galloprovincialis* par Ceccherelli et Rossi (1984) sont selon ces auteurs des valeurs sous-estimées dès lors que les recrutements du printemps à l'automne ne sont pas pris en considération. Ces résultats selon leurs auteurs, sont du même ordre de grandeur que ceux de Dare (1976) chez *M. edulis* (compris entre 0,21 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup> et 2,90 kg. m<sup>-2</sup>. an<sup>-1</sup>). Ces auteurs rapportent que la plus grande part de production chez les deux espèces est produite dans l'année qui suit la sédentarisation. Dès la seconde année la production décroît considérablement du fait de la forte mortalité. Asmus (1987) note en outre que les productions les plus élevées sont mesurées dans les sites sans couverture algale et protégés de l'action intensive des vagues. Elles sont engendrées par les individus les plus grands et les plus âgés (4 à 5 ans). Sur les deux moulières de l'Algérois, les productions les plus importantes sont fournies par les individus âgés de plus d'un an sauf en 1988 où les individus sédentarisés dans l'année participent aussi à la production. Les productions de *P. perna* à Bordj El Kiffan sont deux fois plus faibles que celles observées chez la même espèce au Maroc (Shafee, 1992) et six fois plus faibles que celles mesurées en Afrique du Sud (Berry, 1978) (tab. 7). A Boudouaou où cette espèce est bien représentée, sa production est quasiment semblable à celle notée au Maroc (Shafee, 1992) mais reste trois fois plus faible qu'en Afrique du Sud (Berry, 1978) (tab. 7). Cependant, bien que les émissions de gamètes constituent une part importante de la production dans une population certains auteurs ne prennent en considération dans ce genre d'étude que la partie somatique. La comparaison des résultats devient de ce fait difficile.

Les rapports P/B des cohortes les plus âgées chez *M. edulis* sont plus faibles (0,2) que ceux des plus jeunes compris entre 1 et 2 (Asmus, 1987) et 3,4 pour les individus

Tableau 7

Biomasse annuelle ( $m^{-2}$ ), production annuelle ( $m^{-2} \cdot an^{-1}$ ), et P/B chez les Mytilidés relevés dans la bibliographie. Les biomasses et les productions sont exprimés en kg de poids sec de chair. Les valeurs entre parenthèses sont exprimées en kg de poids sec de chair libre de cendres. Le pourcentage de cendres contenues dans la chair sèche est en moyenne, à Bordj El Kiffan, de 14,40 % ( $\pm 0,90$ ) chez *M. galloprovincialis* et de 13,52 % ( $\pm 1,10$ ) chez *P. perna*; à Boudouaou il est de 14,80 ( $\pm 1,54$ ) chez *M. galloprovincialis* et de 17,76 % ( $\pm 0,42$ ) chez *P. perna* (Abada-Boudjema et Ansell, 1992). Les valeurs accompagnées d'une astérisque sont exprimées en kcal.  $m^{-2} \cdot an^{-1}$ ; l'équivalent calorifique par gramme de poids sec est en moyenne égal à 4,41 et 4,45 chez *M. galloprovincialis* et *P. perna* à Bordj El Kiffan; à Boudouaou il est respectivement de 4,55 et 4,19 (Abada-Boudjema et Ansell, 1992).

Annual biomass ( $m^{-2}$ ), annual production ( $m^{-2} \cdot yr^{-1}$ ), and P/B in the Mytilidae populations from the literature. The biomass and the production were in kg of dry weight. The values in brackets were in ash-free dry weight: the mean percentage of ash contained in the dry weight varied from 13.52 % ( $\pm 1.10$ ) in *P. perna* at Bordj El Kiffan to 14.40 % ( $\pm 0,90$ ) in *M. galloprovincialis* and from 14.80 ( $\pm 1.54$ ) in *M. galloprovincialis* to 17.76 % ( $\pm 0.42$ ) in *P. perna* at Boudouaou (Abada-Boudjema et Ansell, 1992). \* indicates the values in kcal.  $m^{-2} \cdot yr^{-1}$ : 1 g of dry weight = 4.41 et 4.45 in *M. galloprovincialis* and *P. perna* at Bordj El Kiffan and 4.55 et 4.19 respectively at Boudouaou (Abada-Boudjema et Ansell, 1992).

Espèces	Localités	Biomasse	Production	P/B	Remarques	Auteurs
<i>Mytilus edulis</i>	Morecambe Bay, UK	1,15-1,37	(1,6-2,9) 8844-15955*	1,39-2,12	Tissu somatique libre de cendres	Dare (1976)
<i>Mytilus edulis</i>	Eastern Scheldt S.W. Netherlands	(0,18-0,38)	(0,15-0,16)	0,55	Chair sèche libre de cendres	Craeymeersch et al. (1986)
<i>Mytilus edulis</i>	Wadden Sea, Danemark	(1,21)	(0,44)	0,36	Chair sèche libre de cendres	Asmus (1987)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Japon	1,57	3,043 (2,73) 14619*	1,94	Chair sèche Tissu somatique libre de cendres	Hosomi (1985)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Italie	/	(0,30-0,53) (1672-2867*)	1,48	Tissu somatique libre de cendres	Ceccherelli & Rossi (1984)
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Bordj El Kiffan Algérie	0,79 (0,68)	2,60 (2,23)	3,23	Chair sèche	Cette étude
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Boudouaou, Algérie	3488* 0,22 (0,19) 1001*	11466* 0,63 (0,54) 2867*	2,56	Chair sèche Chair sèche libre de cendres	Cette étude
<i>Perna perna</i>	Afrique du Sud	4539-6929*	21025-21742* (37988-42289*)	3,10-4,90	Tissu somatique	Berry (1978)
<i>Perna perna</i>	Maroc	3823* (7407*)	6451* (10274*)	1,70 1,40	Tissu organique libre de cendres Matière organique totale	Shafee (1992)
<i>Perna perna</i>	Bordj El Kiffan, Algérie	0,49 (0,42) 2163*	0,92 (0,80) 4094*	1,90	Chair sèche Chair sèche libre de cendres	Cette étude
<i>Perna perna</i>	Boudouaou, Algérie	0,89 (0,73) 3712*	2,23 (1,83) 9344*	2,47	Chair sèche Chair sèche libre de cendres	Cette étude

qui viennent de se sédentariser (Dare, 1976). Chez la même espèce Craeymeersch et al. (1986) rapportent une productivité de 0,5. Les rapports P/B moyens déterminés dans cette étude restent supérieurs à 2, attestant la jeunesse des populations puisqu'aucune des deux espèces ne vit au delà de 28 mois (Abada-Boudjema et Dauvin, 1995). Ces rapports sont du même ordre de grandeur que ceux rapportés par Berry (1978) chez *P. perna* et Dare (1976) chez *M. edulis* (tab. 7). Par ailleurs, les rapports E/B en moyenne relativement élevés chez les deux espèces à Bordj El Kiffan et voisins de 3 révèlent que ces populations sont en voie de disparition. A Boudouaou seule *P. perna* montre un E/B supérieur à 2,5. Chez *M. galloprovincialis* ce rapport n'est que de 0,68 montrant ainsi que cette espèce est en pleine expansion. Ces résultats sont en parfait accord avec ceux de la densité et de la biomasse qui ont montré qu'à partir de 1988 cette espèce tend à dominer *P. perna* sur

cette moulière. Mais d'une manière générale, ces résultats ont mis en évidence l'effondrement des effectifs chez les deux espèces et dans les deux stations, exception faite des seuls juvéniles de *M. galloprovincialis* sur la moulière de Bordj El Kiffan.

Cet état de dégradation des deux moulières ne semble que la conséquence de l'action anthropique, rejets des eaux usées des habitations avoisinantes à Bordj El Kiffan, construction d'une digue de protection de la falaise surplombant la moulière à Boudouaou, ou dans les deux moulières, pêche incontrôlée et excessive par les riverains et les estivants. Ces derniers ont tendance à prélever les individus de grandes tailles épargnant *M. galloprovincialis*. L'atout que représente ses petites tailles s'ajoute à sa capacité de mieux résister aux eaux moyennement polluées et explique sa dominance à Bordj El Kiffan puis à Boudouaou où elle était très mal représentée, puis son

maintien à Bordj El Kiffan. Ainsi, avec la complicité de l'homme, cette espèce tend à supplanter *P. perna* qui a pratiquement disparu des deux moulières en une décennie après avoir montré d'abondantes populations et de fortes productions, notamment au milieu des années 1980 (1986, 1987 et 1988). La perte de biomasse et de production par les deux moulières constitue un dommage considérable eu égard à l'économie de ces fonds de l'écosystème rocheux.

## RÉFÉRENCES

- Abada-Boudjema Y., M. Mouéza** (1981). Structure des populations d'une moulière naturelle en baie d'Alger. *Acta Oecol. Oecol. Gener.* **2**, 183-194.
- Abada-Boudjema Y.M., A.D. Ansell** (1992). Changes in biochemical composition of two mussel species, *Mytilus galloprovincialis* Lmk. and *Perna perna* L. from two natural musselbeds on the algerian coast. In: *11th International Malacological Congress*, Sienna, September 1992, ed. by F. Giusti, Manganelli, Abstract: p. 49.
- Abada-Boudjema Y.M., J.C. Dauvin** (1995). Recruitment and life span of two natural mussel populations *Perna perna* (L.) and *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) from the Algerian coast (Western Mediterranean). *J. Moll. Studies* **61**, 467-481.
- Allen K.R.** (1950). The computation of production in fish populations. *N. Z. Sci. rev.* **8**, 89.
- Allen K.R.** (1971). Relation between production and biomass. *J. Fish. Res. Bd Can.* **28**, 1573-1581.
- Asmus H.** (1987). Secondary production of an intertidal mussel bed community related to its storage and turn over compartments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **39**, 251-266.
- Bellan Santini D.** (1969). Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrats rocheux (Etude qualitative et quantitative de la frange). *Rev. Sta. Mar. d'Endoume* **63**, 9-294.
- Berry P.F.** (1978). Reproduction, growth and production in the mussel, *P. perna* (L.) on the East Coast of South Africa (Oceanographic Research Institute). *South African Assoc. Mar. Biol. Res. Oceanogr. Res. Inst. Invest. Report* **48**, 1-28.
- Boubezari K., Y.M. Abada-Boudjema** (1995). Densité et biomasse comparée de deux espèces de moules *Mytilus galloprovincialis* (Lmk) et *Perna perna* (L.) de trois moulières naturelles de la région d'Alger. *Haliotis* **24**, 33-41.
- Ceccherelli V.U., R. Rossi** (1984). Settlement, growth and production of the mussel *M. galloprovincialis*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **16**, 173-184.
- Craeymeersch J.A., P.M.J. Herman, P.M. Meire** (1986). Secondary production of an intertidal mussel (*Mytilus edulis* L.) population in the Eastern Scheldt (S.W. Netherlands). *Hydrobiologia* **133**, 107-115.
- Dare P.J.** (1976). Settlement, growth and production of the mussel, *Mytilus edulis* L., in Morecambe Bay, England. *Fishery Investigations*, Series 2, London **28**, 1-25.
- Dauvin J.C.** (1986). Dynamique de la population d'*Abra prismatica* (Mollusque, Bivalve) de la baie de Morlaix (Manche Occidentale). *Ann. Inst. Océanogr. (Paris)*, **62**, 1-12.
- Dauvin J.C., J.M. Dewarumez, B. Elkaim, D. Bernardo, J.M. Fromentin, F. Ibanez** (1993). Cinétique de *Abra alba* (mollusque bivalve) de 1977 à 1991 en Manche-Mer du Nord, relation avec les facteurs climatiques. *Oceanologica Acta* **16**, 4, 413-422.
- Dayton P.K.** (1971). Competition, disturbance and community organisation: the provision and subsequent utilization of space in a rocky intertidal community. *Ecol. Monogr.* **41**, 351-389.
- Gros P., J.C. Cochard** (1978). Biologie de *Nyctiphanes couchii* (Crustacea, Euphausiacea) dans le secteur nord du golfe de Gascogne. *Ann. Inst. Océanogr. (Paris)*, **54**, 25-46.
- Harger J.R.E.** (1972). Competitive co-existence: maintenance of interacting associations of the sea mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *Veliger* **14**, 195-410.
- Hosomi A.** (1985). The production, daily production, biomass and turn-over rate of the mussel *Mytilus galloprovincialis*. *Venus (Jap. Jour. Malac.)*, **44**, 4, 270-277.
- Ibanez F., J.M. Fromentin, J. Castel** (1993). Application de la méthode des sommes cumulées à l'analyse des séries chronologiques en océanographie. *C. R. Acad. Sci. Paris*, **316**, 745-748.
- Paine R.T., S.A. Levin** (1981). Intertidal landscapes: disturbance and the dynamics of pattern. *Ecol. Monogr.* **51**, 145-178.
- Obert B., H. Michaelis** (1991). History and ecology of the mussel beds (*Mytilus edulis* L.) in the catchment area of a Wadden Sea tidal inlet. In: *Estuaries and coasts: Spatial and temporal Intercomparisons. ECSA 19 Symposium*, M. Elliott, J.P. Ducrotoy, eds. Olsen and Olsen, Fredensborg, Denmark, 185-194.
- Price H.A.** (1980). Seasonal variation in the strength of byssal attachment of the common mussel, *Mytilus edulis* L. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.* **60**, 250-253.
- Seed R.** (1969). The ecology of *Mytilus edulis* L. (Lamellibranchia) on exposed rocky shores. 2. Growth and mortality. *Oecologia* **3**, 317-350.
- Shafee M.S.** (1992). Production estimate of a mussel population *Perna picta* (Born) on the Atlantic coast of Morocco. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **163**, 183-197.
- Suchanek T.H.** (1978). The ecology of *Mytilus edulis* L. in exposed rocky intertidal communities. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **31**, 105-120.
- Suchanek T.H.** (1981). The role of disturbance in the evolution of life history strategies in the intertidal mussels *Mytilus edulis* and *Mytilus californianus*. *Oecologia (Berl.)*, **50**, 143-152.
- Suchanek T.H.** (1985). Mussels and their role in structuring rocky shore communities. In: *The Ecology of Rocky coasts*. P.G. Moore, R. Seed eds. Hodder and Stoughton, Sevenoaks, U.K. 70-96.
- Tsuchiya M.** (1980). Biodeposit production by the mussel *M. edulis* L. on rocky shores. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **47**, 203-222.
- Tsuchiya M.** (1983) Mass mortality in a population of the mussel *Mytilus edulis* L. caused by high temperature on rocky shores. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **66**, 101-111.
- Witman J.D., T.H. Suchanek** (1984). Mussels in flow: drag and dislodgement by epizoans. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* **16**, 259-268.

## Remerciements

Les auteurs remercient Karimène Boubezari pour les données de densité et de température de janvier 1990 à mars 1991, ainsi que Leila Lansari et Mouna Mokrani pour celles de novembre 1992 à juillet 1993. J.A. Craeymeersch est également remercié pour ces commentaires très constructifs sur la première version de ce texte.