

## Estimation du rapport $P/\bar{B}$ à partir de la longévité des espèces

C. LEVÊQUE

Avec 1 figure et 3 tableaux dans le texte

### Introduction

De nombreux travaux concernant la productivité des populations naturelles sont parus au cours de ces dernières années, notamment à l'occasion du PBI. Ce sont généralement les résultats de recherches longues et fastidieuses qui ne peuvent par conséquent être réalisées qu'en nombre restreint. Compte tenu des résultats déjà acquis, il paraît maintenant indispensable de rechercher des méthodes plus rapides d'estimation de la production secondaire afin d'aborder plus facilement l'étude quantitative du fonctionnement des écosystèmes ou d'évaluer leurs ressources potentielles dans le cas d'espèces exploitables.

Une étape importante dans les études de production, a été l'introduction du rapport  $P/\bar{B}$  qui traduit la vitesse de renouvellement de la biomasse de la population par unité de temps. Il permet de comparer la productivité de différentes espèces dans différents milieux, mais son intérêt sur le plan pratique est limité car il doit être calculé lors de toute étude de la production d'une population. En effet, sa valeur dépend des espèces et des milieux et elle ne pouvait être estimée jusqu'ici à partir de paramètres simples.

WATERS (1969) a cependant constaté, d'après les résultats publiés, que  $P/\bar{B}$  calculé pour la durée de vie d'une cohorte, varie entre 2,5 et 5, avec un mode à 3,5. Ce même auteur, en utilisant différentes courbes de croissance et de mortalité proches de celles que l'on peut observer dans la nature a trouvé également que les valeurs théoriques étaient comprises entre 3 et 4.

Plus récemment, dans un travail théorique, ALLEN (1971) utilisant différents modèles de mortalité et de croissance, a montré en particulier que le  $P/\bar{B}$  d'une cohorte, calculé cette fois par unité de temps, était égal au coefficient instantané de mortalité ( $Z$ ), lorsque la mortalité est de type exponentielle.

$Z$  n'est cependant pas toujours facile à estimer dans les populations naturelles, et il fallait donc rechercher un paramètre biologique plus simple qui soit en relation avec  $Z$ , donc avec  $P/\bar{B}$ . Il semble que ce soit le cas pour la longévité des espèces,  $Z$  étant d'autant plus fort que celle-ci est faible, et inversement. L'existence d'une relation entre  $P/\bar{B}$  et la longévité avait d'ailleurs été pressentie par divers auteurs (ZAIKA 1970; LEVÊQUE 1973) travaillant sur des populations des mollusques aquatiques.

D'autre part, ALLEN a résolu les équations théoriques de production en supposant une extinction exponentielle des cohortes, ce qui n'est pas toujours le cas. Chez les larves d'insectes par exemple, la quasi totalité des survivants quitte le milieu en un temps très court au moment de l'émergence.

Le but de ce travail a donc été de rechercher, pour les modèles théoriques de croissance et de mortalité le plus fréquemment observés, les relations entre  $P/\bar{B}$  et la longévité ( $T$ ), ainsi que l'influence de la proportion d'individus survivants ( $S$ ) au bout du temps  $T$  sur la valeur de  $P/\bar{B}$ .

Il est évident que nous ne pouvons présenter ici qu'un bref résumé des méthodes employées et des principaux résultats obtenus. Ce travail fera l'objet ultérieurement d'une note plus importante (LEVÊQUE, DURAND & ECOUTIN 1977).

O. R. S. T. O. M.

Collection de Références

n°

3682 Hydrob.

## Méthodes et définitions

Nous nous sommes placés dans le cas théorique d'une population en équilibre ayant une cohorte annuelle, un recrutement constant et soumise à une mortalité uniforme durant la durée de vie considérée. Si un tel cas se produit rarement dans les conditions naturelles, les hypothèses ci-dessus sont cependant admises lorsqu'on utilise la plupart des modèles de croissance, de mortalité et de production.

Quatre modèles de croissance — VON BERTALANFFY, exponentielle négative, linéaire en poids et linéaire en longueur — et deux modèles de mortalité — linéaire et exponentielle — ont été utilisés.

La production a été calculée mois par mois par la méthode de BOJSEN-JENSEN.

La longévité ( $T$ ) définie comme l'âge de la plus vieille classe d'âge représentée dans l'échantillonnage a été associée à un taux de survie ( $S$ ) qui correspond à la proportion d'individus atteignant l'âge  $T$  et qui sont supposés disparaître rapidement ensuite.

## Résultats

## Influence du taux de survie

Pour une mortalité de type exponentiel et un taux de survie nul, ALLEN (1971) a démontré que  $P/\bar{B} = Z$ . En réalité, plus la proportion d'individus survivants est élevée au temps  $T$ , plus la valeur de  $P/\bar{B}$  est supérieure à  $Z$  (Tab. 1).

L'influence du taux de survie n'est donc pas négligeable et on en tiendra compte par la suite.

Tab. 1. Variation de  $P/\bar{B}$  en fonction du taux de survie ( $S\%$ ) pour une longévité de 5 ans.  $S$  est exprimé en  $\%$  du nombre d'individus initial.

S (%)	croissance	VON BERTALANFFY	exponentielle
	Z		négative
0,01	1,84	1,85	1,84
0,1	1,38	1,39	1,39
1	0,92	0,95	0,94
5	0,60	0,67	0,65
10	0,46	0,56	0,54
30	0,24	0,42	0,38

### Comparaison entre les valeurs de $P/\bar{B}$ obtenues avec différents modèles de croissance et de mortalité

Le  $P/\bar{B}$  annuel a été calculé pour chacun des couples de modèles de croissance et de mortalité, différentes longévités et différents taux de survie. Un exemple correspondant à un taux de survie de 1  $\%$  est donné dans le Tab. 2.

On remarquera, sur le plan pratique, l'existence de deux séries de valeurs de  $P/\bar{B}$ :

- des valeurs élevées de  $P/\bar{B}$  lorsque la mortalité est exponentielle, ainsi que dans le cas du couple mortalité linéaire — croissance linéaire en longueur.
- des valeurs faibles de  $P/\bar{B}$  pour les trois autres couples de modèles où la mortalité est linéaire.

Tab. 2. Valeurs théoriques de  $P/\bar{B}$  calculées pour divers couples de modèles de mortalité et de croissance, en fonction de la longévité (taux de survie de 1% pour les longévités considérées).

Croissance longévité (années)	Mortalité	VON BERTALANFFY		Exponentielle négative		Linéaire en poids		Linéaire en longueur	
		expo- nen- tielle	linéaire	expo- nen- tielle	linéaire	expo- nen- tielle	linéaire	expo- nen- tielle	linéaire
1		4,84	2,68	4,79	2,37	4,90	2,97	5,60	5
2		2,39	1,34	2,36	1,18	2,42	1,48	2,81	2,48
3		1,59	0,88	1,57	0,79	1,61	0,99	1,88	1,65
4		1,19	0,67	1,18	0,59	1,21	0,74	1,41	1,24
5		0,95	0,55	0,94	0,47	0,97	0,59	1,14	0,99
7		0,68	0,38	0,67	0,34	0,69	0,42	0,81	0,71
10		0,47	0,27	0,47	0,24	0,48	0,30	0,57	0,50
15		0,32	0,18	0,32	0,16	0,33	0,20	0,38	0,33
20		0,24	0,14	0,23	0,12	0,24	0,15	0,28	0,25

Les valeurs de  $P/\bar{B}$  pour une longévité donnée, étant sensiblement du même ordre de grandeur à l'intérieur des séries ci-dessus, on peut donc se contenter dans un but de simplification, de ne retenir que les valeurs obtenues pour la croissance de VON BERTALANFFY et les deux modèles de mortalité.

#### Relations entre $P/\bar{B}$ , longévité et taux de survie

Compte tenu des remarques précédentes, les relations entre  $P/\bar{B}$ , T et S ont été calculées pour le modèle de croissance de VON BERTALANFFY et deux modèles de mortalité:

$$\text{mortalité exponentielle: } P/\bar{B} \cdot T = 4,45 S^{-0,191} \quad (1)$$

$$\text{mortalité linéaire: } P/\bar{B} \cdot T = -0,0189 S + 2,633 \quad (2)$$

Dans la mesure où l'on observe généralement que les mortalités naturelles sont proches d'un modèle exponentiel, c'est la relation établie pour les modèles de croissance de VON BERTALANFFY et de mortalité exponentielle qui serait la plus généralisable sur le plan pratique.

L'unité de temps utilisée dans ce travail est l'année, mais les relations restent valables pour des individus à longévité plus faible si l'on prend une autre unité de temps. Si celle-ci est le jour, on aura alors une valeur du  $P/\bar{B}$  journalier par exemple.

#### Comparaison des valeurs théoriques de $P/\bar{B}$ avec quelques valeurs observées

Nous avons comparé les valeurs théoriques de  $P/\bar{B}$  obtenues par la relation (1) pour différents taux de survie (Fig. 1) aux valeurs publiées par divers auteurs et obtenus par des méthodes classiques (Tab. 3).

Pour des raisons pratiques, nous sommes limités ici à l'exemple des poissons.

Tab. 3. Résultats recueillis dans la littérature concernant le  $P/\bar{B}$  et la longévité de quelques espèces de poissons.

No.	Espèces	Auteurs	$P/\bar{B}$	Longévité (années)	Remarques
1	<i>Semotilus acromaculatus</i>	LOTTRICH (1973)	2,1 1,6	3	survie difficile à estimer: 5 à 10 %?
2	<i>Onchorhynchus kisutch</i>	CHAPMAN (1965)	3,5	1,25	$P/\bar{B}$ moyen sur 4 ans à Deer Creek
3	<i>Lepomis macrochirus</i>	GERKING (1962)	0,9	5	$P/\bar{B}$ calculé d'après les données de l'auteur
4	<i>Esox lucius</i>	BACKIEL (1971)	0,64 0,70	9 9	1 % de survie vers 8 ans $Z = 0,85$ 1 % de survie vers 7 ans $Z = 1,00$
5	<i>Stizostedion lucioperca</i>	BACKIEL (1971)	0,67 0,64—0,66	9 10	1 % de survie vers 8 ans $Z = 0,84$
6	<i>Aspius aspius</i>	BACKIEL (1971)	0,49	13	1 % de survie vers 11 ans $Z = 0,635$
7	<i>Leuciscus cephalus</i>	BACKIEL (1971)	0,37	13	1 % de survie vers 9,5 ans $Z = 0,723$
8	<i>Perca fluviatilis</i>	BACKIEL (1971)	0,30	13	2 % de survie à 13 ans $Z = 0,48$
9	<i>Silurus glanis</i>		0,35	17	2 % de survie à 17 ans $Z = 0,36$
10	<i>Etheostoma spectabile</i>	SMALL (1975)	2,3	2	$P/\bar{B}$ moyen pour diverses stations estimé d'après les données de l'auteur
11	<i>Etheostoma flabellare</i>	SMALL (1975)	1,9	3	$P/\bar{B}$ moyen pour diverses stations estimé d'après les données de l'auteur
12	<i>Cottus caroliniae</i>	SMALL (1975)	4,5	1	$P/\bar{B}$ moyen pour diverses stations estimé d'après les données de l'auteur
13	<i>Hydrocynus vittatus</i>	BALON (1972)	0,9—1,1	7	$P/\bar{B}$ recalculé d'après les données de l'auteur
14	<i>Alestes lateralis</i>	BALON (1972)	2,2	3	$P/\bar{B}$ recalculé d'après les données de l'auteur

On constate que la majeure partie des valeurs observées est située dans l'intervalle des courbes théoriques correspondant à un taux de survie de 0,1 et 1 %. Il semble donc y avoir une bonne corrélation entre les deux types de valeurs.

### Conclusions

Sans entrer dans les détails, il est manifeste que les valeurs de  $P/B$  publiées dans la littérature présentent une part notable d'incertitude (estimations des biomasses, de la croissance, de la mortalité, etc. . .) et que les méthodes de calcul de la production sont parfois mal utilisées. Dans ces conditions, si l'on peut obtenir une estimation de la longévité et du taux de survie des individus, les valeurs théoriques de  $P/\bar{B}$  proposées ici nous paraissent tout aussi valables, tout en permettant un gain de temps fort appréciable.

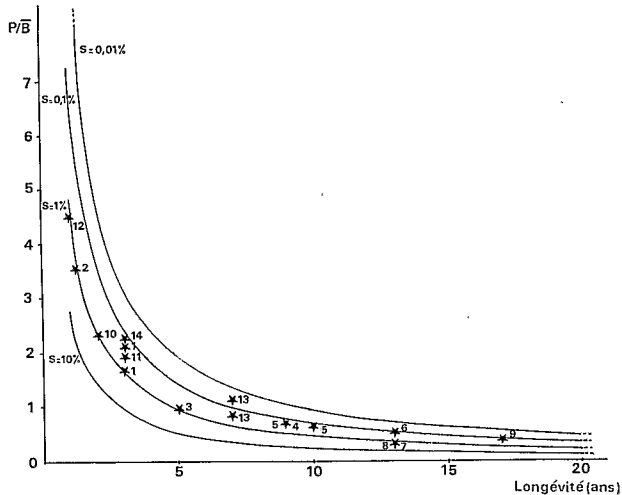


Fig. 1. Comparaison entre les abaques théoriques établis en fonction de différents taux de survie pour une croissance VON BERTALANFFY et une mortalité exponentielle, avec des valeurs observées de  $P/\bar{B}$  pour des populations de poissons. Les numéros correspondent au Tab. 3.

Fig. 1. Comparison between theoretical values calculated for different survival rates, VON BERTALANFFY growth and exponential mortality, and some observed values for fish populations. The numbers correspond to Table 3.

### Références

- ALLEN, K. R., 1971: Relation between production and biomass. — *J. Fish. Res. Bd. Can.* **28**: 1573—1581.
- BACKIEL, T., 1971: Production and food consumption of predatory fish in the Vistula River. — *J. Fish. Biol.* **3**: 369—405.
- BALON, E. K., 1972: Possible fish stock size assessment and available production survey as developed on lake Kariba. — *Afr. J. Tropical Hydrob. Fish.* **1** (2): 45—73.
- CHAPMAN, D. W., 1965: Net production of juvenile coho salmon in three Oregon streams. — *Trans. Amer. Fish. Soc.* **94**: 40—52.
- GERKING, S. D., 1962: Production and food utilization in a population of bluegill sunfish. — *Ecol. Monogr.* **32**: 31—78.
- LEVÊQUE, C., 1973: Dynamique des peuplements biologie et estimation de la production des mollusques benthiques du lac Tchad. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.* **7** (2): 117—147.
- LEVÊQUE, C., DURAND, J. R. & ECOUTIN, J. M., 1977: Relation entre le rapport  $P/\bar{B}$  et la longévité des espèces. — *Cah. ORSTOM, sér. Hydrobiol.* **11** (1): 17—31.
- LOTTRICH, V. A., 1973: Growth, production and community composition of fishes inhabiting a first, second and third-order stream of eastern Kentucky. — *Ecol. Monogr.* **43**: 377—397.
- SMALL, J. W., 1975: Energy dynamics in benthic fishes in a small Kentucky stream. — *Ecology* **56**: 827—840.
- WATERS, T. F., 1969: The turnover ratio in production ecology of freshwater invertebrates. — *Amer. Natur.* **103**, 930: 173—185.
- ZAÏKA, V. E., 1970: Rapports entre la productivité des mollusques aquatiques et la durée de leur vie. — *Cah. Biol. Mar.* **11** (1): 99—108.

Adresse de l'auteur:

C. LEVÊQUE, ORSTOM, 24 rue Bayard, F-75008 Paris, France.