



Peut-on réduire la durée des tests de toxicité chronique sur *Daphnia magna* ?

Elise Billoir¹, Alexandre Péry², Sandrine Charles¹

¹ Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, UMR CNRS 5558, UCB Lyon 1
² Laboratoire d'Écotoxicologie, Cemagref, Lyon

La daphnie est un micro-crustacé d'eau douce qui peuple en grand nombre les rivières européennes. Elle passe toute sa vie dans l'eau, où elle grandit par mues successives et se reproduit par très majoritairement par parthénogenèse. La daphnie est en général représentative des autres organismes du zooplancton quant à la sensibilité aux différentes substances toxiques présentes dans l'eau. De plus, elle est facile à élever en laboratoire. C'est pourquoi elle est largement utilisée en écotoxicologie aquatique.



Les modèles matriciels de Leslie permettent de représenter la dynamique d'une population à partir d'un cycle de vie décomposé en classe d'âge. Soit $N(t)$ le vecteur représentant la population au temps t (les composants sont les effectifs de chaque classe d'âge)

$$N_{t+1} = LN_t$$

La valeur propre dominante de la matrice représente alors le taux d'accroissement de la population λ .

0	F_2	F_3	F_4	F_5	F_6	F_7	F_8	F_9	F_{10}	0
P_1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	P_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	P_3	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	P_4	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	P_5	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	P_6	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	P_7	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	P_8	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	P_9	G_{10}	0

Les tests de toxicité chronique sur les daphnies sont définis par une norme OECD (1994) qui fixe leur durée à 21 jours. Des daphnies nouveau-nés sont exposées à une concentration constante de toxique. Régulièrement (tous les deux jours en général), la taille des individus, le nombre de survivants et le nombre de nouveaux-nés sont relevés.

La probabilité $q(c, t)$ de survivre jusqu'au temps t à la concentration c dans l'environnement s'écrit :

$$q(c, t) = \exp\left(-\int_0^t h(\tau, c) d\tau\right) \text{ avec } h(\tau, c) = \begin{cases} k(c - NECs) + m & \text{quand la NEC est dépassée} \\ m & \text{sinon} \end{cases}$$

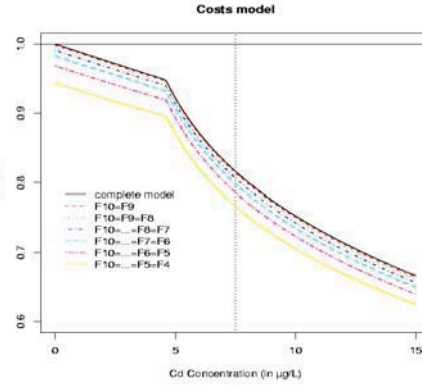
m étant le taux de mortalité naturelle, $NECs$ la « concentration sans effet » pour la survie, et k le taux de toxicité du toxique.

Le taux de reproduction $R(c, t)$ au temps t à la concentration c dans l'environnement s'écrit :

$$R(c, t) = R(0, t) \left[1 + c^{-1}(c - NECr)\right]^{-1}$$

$R(0, t)$ étant le taux de reproduction sans contaminant, $NECr$ la concentration sans effet pour la reproduction et c_t la concentration de tolérance.

Il s'agit maintenant de passer à l'échelle de la population, pour une analyse écotoxicologique plus pertinente. Pour modéliser la dynamique de la population, on découpe la population en classes d'âge de deux jours chacune. La classe d'âge 1 correspond aux 0-2 jours, la classe d'âge 2 aux 2-4 jours, etc... jusqu'à la classe d'âge 10 pour les 18-20 jours, car on a des données sur 21 jours. Voici le graphe de cycle de vie :



Tant que l'on reste dans à des concentrations relativement faibles, le taux d'accroissement de la population décroît doucement avec la concentration, car le contaminant n'agit que sur la survie des individus. Quand on dépasse la NECr (concentration sans effet pour la reproduction), qui vaut 4.5 µg/L dans cet exemple, le contaminant agit également sur la reproduction, expliquant la chute observée sur le graphe.

Les tests standard de toxicité durent 21 jours, ce qui est très coûteux en temps et en moyens humains. Il est donc légitime de se demander si on ne pourrait pas les raccourcir. Sur la figure ci-dessus, on a pris successivement $F_{10} = F_9, F_{10} = F_8, \dots$ comme si l'on ne disposait pas des données jusqu'à 21 jours. Et on peut constater que prendre $F_{10} = F_5$ (10 jours de test) n'entraîne qu'une perte de 4% sur la valeur de λ , pouvant suggérer une réduction de la durée des tests de toxicité chronique.

S. A. L. M. Kooijman and J. J. M. Bedaux. *The analysis of aquatic toxicity data*. VU University Press, Amsterdam, 1996.
H. Caswell. *Matrix Population Models - Construction, analysis and interpretation*, Sinauer Associates, Sunderland, Massachusetts, 2nd edition, 2001

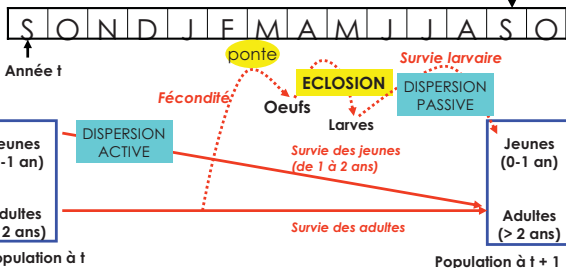
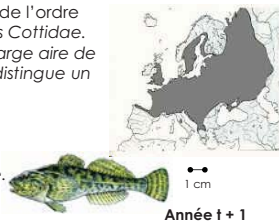


Dispersion des chabots dans le bassin versant du Bez (Drôme, France) ?

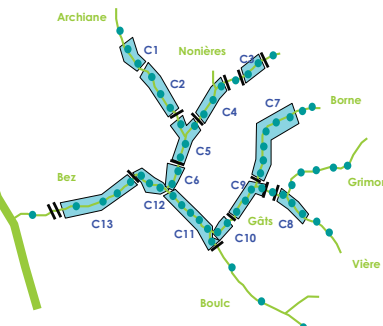
Nadège Milioni¹, Arnaud Chaumot², Asghar Abdoli³, Didier Pont³, Sandrine Charles¹

¹ Laboratoire de Biométrie et Biologie Évolutive, UMR CNRS 5558, UCB Lyon 1
² Laboratoire de Biologie Moléculaire et Cellulaire, UMR CNRS 5161, ENS Lyon
³ Écologie des Hydrosystèmes Fluviaux, UMR CNRS 5023, UCB Lyon 1

Le chabot, *Cottus gobio*, est un poisson de l'ordre des Scorpaeniformes et de la famille des Cottidae. C'est une espèce territoriale avec une large aire de répartition à l'échelle européenne. On distingue un stage de dispersion chez les juvéniles. Le cycle de vie de cette espèce est annuel, avec une reproduction aux alentours du mois de mars des adultes à partir de leur deuxième année.



Avec le Laboratoire d'Écologie des Hydrosystèmes fluviaux, le chabot est suivi dans le bassin du Bez dans la Drôme, le long de 40 kms de rivières, avec des stations de mesure échelonnées tous les 750 m. Par des regroupements de ces stations en compartiments homogènes en densité, nous arrivons finalement à distinguer 13 sites géographiques, avec des caractéristiques démographiques distinctes et séparés par différents types d'obstacles (barrages, cascades, seuils, ...).



$$N_1 = \begin{pmatrix} n_{1,1} \\ \vdots \\ n_{1,13} \end{pmatrix}$$
$$N_2 = \begin{pmatrix} n_{2,1} \\ \vdots \\ n_{2,13} \end{pmatrix}$$
$$\vdots$$
$$N_6 = \begin{pmatrix} n_{6,1} \\ \vdots \\ n_{6,13} \end{pmatrix}$$

78 variables d'état

Les modèles matriciels de Leslie permettent de représenter la dynamique d'une population à partir d'un cycle de vie décomposé en classe d'âge. Soit N_t le vecteur représentant la population au temps t (les composants sont les effectifs de chaque classe d'âge)

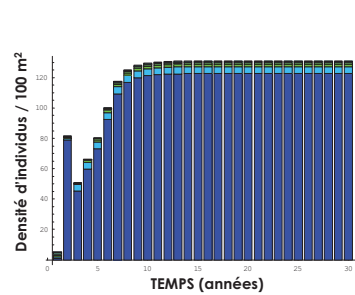
$$N_{t+1} = L(N_t) N_t$$

	R_2	R_3	R_4	R_5	R_6
P_{jeun}					
	P_{A2}				
		P_{A3}			
			P_{A4}		
				P_{A5}	P_{A6}

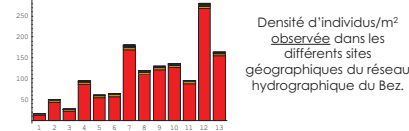
$$R_i = 0.5 \times e \times S_{larv} \cdot D_{larv} \cdot F_i \cdot \sqrt{S_{A(i-1)}}$$

$$P_{jeun} = S_{jeun}(n_{1,j=1..13}) \cdot D_{jeun}$$

$$P_{Ai} = S_{adultes}(i)$$



Évolution au cours du temps de la densité totale d'individus/m², par simulation du modèle complet. Au bout de quelques génération un équilibre est atteint.



Nous avons construit un modèle de type Leslie spatialisé pour décrire la dynamique d'une population de chabots (*Cottus gobio*) vivant dans le réseau hydrographique du Bez (Drôme, France). Ce modèle intègre l'hétérogénéité spatiale des taux vitaux (survie, fécondité) et tient compte de la dispersion des jeunes individus d'un site à l'autre. Ce modèle est un bon outil de description de la biologie du chabot. Il permet d'étudier les effets de différents processus de dispersion sur la dynamique de la population, et à plus long terme, il permettra d'évaluer les effets possibles du changement climatique en termes de T^o ou de débit.