

ESTIMATION D'UN TAUX DE SURVIE PAR LA MÉTHODE DE « CAPTURE-MARQUAGE-RECAPTURE »

La méthode « capture-marquage-recapture » ou « CMR » désigne une méthode statistique couramment utilisée en écologie pour estimer la taille d'une population animale ou un taux de survie.

Une partie de la population que l'on veut représentative est capturée, marquée et relâchée. Ultérieurement, une autre partie est capturée et le nombre d'individus marqués dans l'échantillon est compté. Le nombre d'individus marqués dans le second échantillon étant proportionnel au nombre d'individus marqués dans la population totale, une estimation de la taille de la population totale peut être obtenue¹.

Cette méthode se montre la plus utile quand il est difficile de compter individuellement tous les individus d'une population et qu'il faut donc recourir à une estimation statistique.

L'objectif de la méthode CMR utilisée dans cette ressource est d'estimer un taux de survie au sein d'une espèce afin de tester une hypothèse sur l'existence d'un phénomène de sélection naturelle.

Mots-clés

Dioxyde de carbone, variabilité naturelle, indicateurs du climat

Références au programme

Thème 1 – Science, climat et société

1.2- La complexité du système climatique

Savoirs

Le climat de la Terre présente une variabilité naturelle sur différentes échelles de temps. Toutefois, depuis plusieurs centaines de milliers d'années, jamais la concentration du CO₂ atmosphérique n'a augmenté aussi rapidement qu'actuellement.

Catégorie de ressource

Animation issue du site CarbonTracker de la NOAA (National Oceanic & Atmospheric Administration) : https://www.youtube.com/watch?v=1ZQG59_z83I

Documents

Document 1 : le suivi du taux de survie de deux populations de phasmes par la méthode de CMR

Document 1a. – Les objectifs et modèles d'étude

Patrick NOSIL, chercheur, a étudié, par CMR, l'effet de la présence de prédateurs et de la sélection naturelle sur les effectifs de deux populations de phasmes de l'espèce *Timema cristinae* : l'une vit préférentiellement sur les buissons d'*Adenostoma fasciculatum*, l'autre sur les buissons de *Ceanothus spinosus*. Les différences entre ces deux populations reposent sur la couleur générale de leur corps (teinte, saturation et luminosité). Les individus de l'écotype² *Adenostoma* ont tendance à présenter des rayures plus grandes et plus brillantes, des corps moins brillants et une taille plus courte que les individus de l'écotype *Ceanothus*³ (Figure 1).

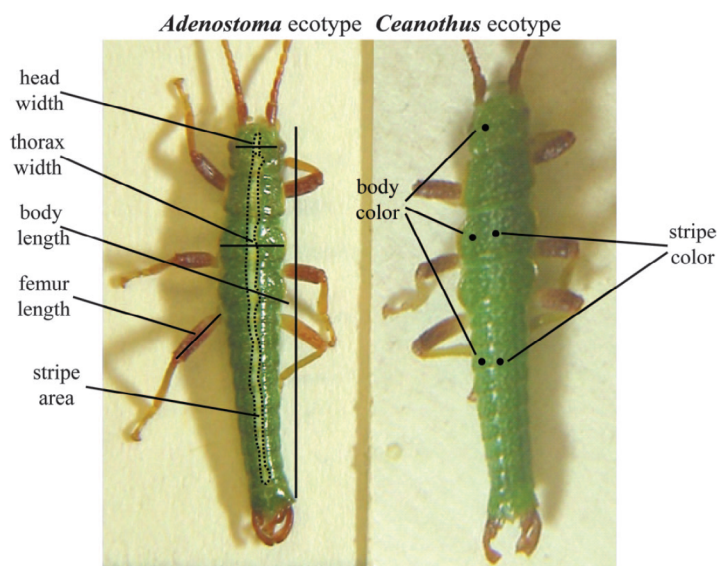


Fig. 1. The traits examined depicted on representative specimens of each host ecotype. Body color and stripe color represent three different variables each (hue, saturation, and brightness). Individuals from *Adenostoma* tend to exhibit larger and brighter stripes, less-bright bodies, and shorter body size than individuals from *Ceanothus* (all traits except stripe hue and all size-corrected traits except stripe hue and thorax width differ significantly between ecotypes; $P < 0.05$, t tests).

Figure 1 – Les traits morphologiques distincts entre les deux écotypes : *Adenostoma* et *Ceanothus*.

Les chercheurs ont identifié que la répartition de ces deux populations dans un environnement ne se faisait pas au hasard. L'une se positionne plus particulièrement sur des plantes hôtes de couleur foncée (sur les buissons d'*Adenostoma*) alors que les individus de l'autre population se positionnent plus particulièrement sur des plantes hôtes claires (buisson de *Ceanothus*). (Figure 2).

- Écotype : sous-population d'une espèce donnée qui s'est génétiquement différenciée au sein d'un habitat spécifique, d'un milieu particulier, d'un écosystème défini ou par un régime alimentaire différent. Les caractères morpho-anatomiques spécifiques de chaque écotype sont héréditaires et donc transmis à la descendance. Les membres de cette sous-population peuvent se croiser avec d'autres membres de l'espèce. **Cette notion n'est pas exigible.**
- On donne à la population de phasmes (écotype) le nom du végétal où on le trouve : *Adenostoma* pour la population trouvée préférentiellement sur les buissons d'*Adenostoma fasciculatum*



Figure 2 - Les deux plantes hôtes utilisées préférentiellement par chaque écotype

L'équipe a donc cherché à savoir si cette répartition était à relier à la sélection naturelle, les plantes hôtes conférant un léger avantage face à la prédation des phasmes par des oiseaux. Pour cela, ils cherchent à recenser les effectifs de chaque population sur le long terme, en conditions réelles sur le terrain, dans une vaste zone d'étude. La méthode CMR est donc la plus adaptée.

Document 1b - La démarche CMR pour recenser les effectifs de population

Le principe de la démarche a été de concevoir, sur le terrain, des zones aléatoirement disposées avec quatre niveaux de conditions expérimentales (individus de l'écotype *Ceanothus* versus individus de l'écotype *Adenostoma* ; présence de prédateurs versus absence). La figure schématique (Figure 3) ci-dessous illustre le montage expérimental : sur le site 1 sont déposés les lots d'individus marqués de l'écotype *Adenostoma* ; sur le site 2 sont déposés les individus marqués de l'écotype *Ceanothus*. Pour réaliser les zones sans prédateurs, les buissons ont été entourés de cages grillagées interdisant l'accès de ce buisson par des oiseaux.

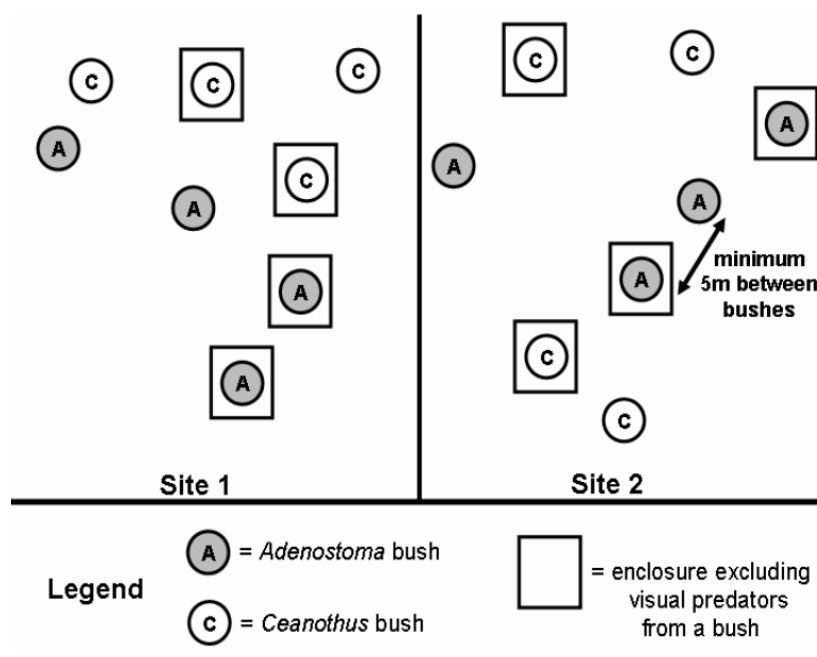


Figure 3 - Représentation schématique du dispositif expérimental CMR

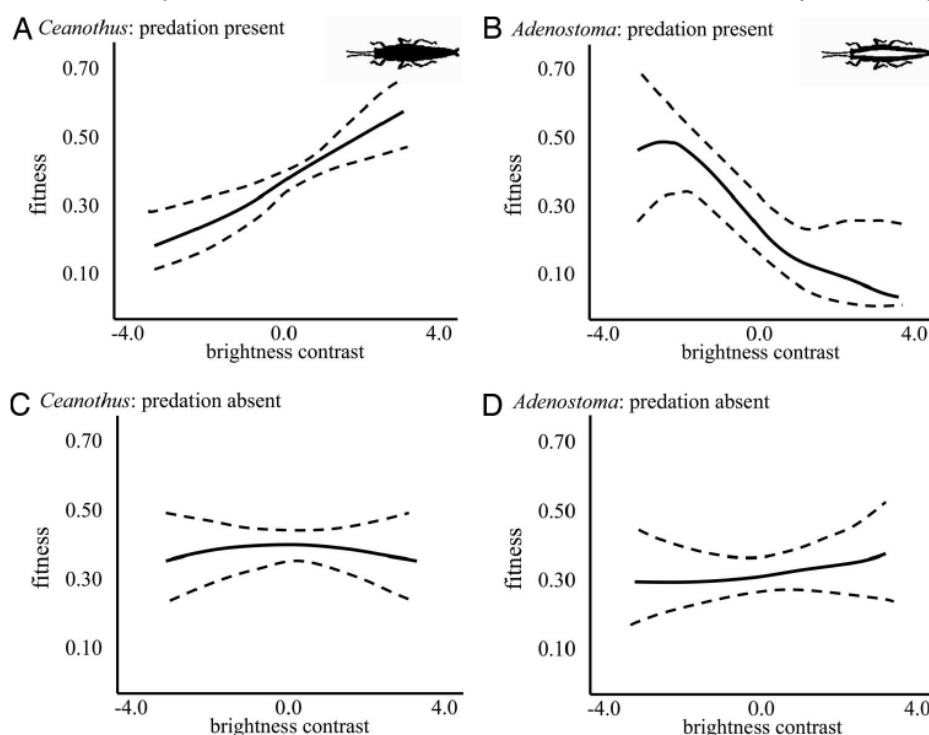
À chaque fois, 24 individus **marqués** ont été relâchés sur chaque buisson (soit n=384 individus au total). Dans chaque lot, les sex-ratios étaient égaux. Les marquages individuels ont été réalisés par un rond avec un marqueur permanent à pointe fine sur l'abdomen, de sorte que la marque ne soit pas visible par le prédateur lorsque l'insecte est dans sa position naturelle sur la plante hôte. Tous les individus ont été marqués et relâchés dans les 5 jours suivant leur première capture.

Des relevés de **recapture** ont été menés 3, 10, 17 et 24 jours après la libération. Pour cette étape de recapture, l'équipe a placé, sous chaque buisson testé, un drap blanc puis ont inspecté visuellement le buisson et ont secoué chaque branche de sorte que les insectes tombent du buisson sur le drap blanc. Ils ont ainsi réussi à enregistrer les insectes présents à la date de recapture, puis chaque spécimen a été relâché sur le même site de capture. Une session de recapture a été considérée comme terminée si aucun phasme n'avait été trouvé après 15 minutes de secousse des branches du buisson testé.

Dans cette étude, la « recapture » est assimilée à un indicateur de survie. Ainsi, si un individu n'est pas recapturé, on le considère comme ayant été prélevé par un prédateur.

Document 1c – Les résultats standardisés à partir des données de CMR

Les graphiques ci-dessous représentent les résultats des analyses par CMR dans les 4 conditions expérimentales testées. Les résultats sont tous statistiquement significatifs.



Fitness = probabilité de survie, estimé à partir du nombre d'individus marqués initialement et recapturés.

Brightness contrast = contraste de luminosité du corps des phasmes. Plus le contraste est positif plus le corps est lumineux et les rayures ternes. Plus le contraste est négatif plus le corps est terne et les rayures vives

Le trait plein représente le résultat des comptages - Les pointillés représentent les intervalles de confiance.

Retrouvez éducol sur



D'après : Crespi, P. N. (2006). **Experimental evidence that predation promotes divergence in adaptive radiation.** PNAS.

Pistes d'exploitation pédagogique

Relever dans la partie méthodologie de l'expérience, les précautions prises par les scientifiques qui permettent de respecter les principes fondamentaux de la technique CMR.

Relever les différentes conditions expérimentales testées sous la forme de votre choix.

Analyser les résultats obtenus à partir des données CMR, et montrer s'il y a un effet ou non de sélection naturelle engendrée par la prédation.

Éléments de correction

Respect des 4 principes fondamentaux

Principes	Précautions méthodologiques utilisées
Les animaux marqués ne doivent pas être affectés (que ce soit dans leur comportement ou leur espérance de vie)	Les marques de couleurs sont discrètes et n'impactent pas la couleur initiale de l'individu.
Les animaux marqués doivent pouvoir se re-mélanger totalement dans la population initiale	La libération se fait dans le milieu naturel, et les individus peuvent se re-mélanger au reste de la population.
La population est échantillonnée au hasard quel que soit son âge, son sexe [...]	Le sex ratio est respecté.
L'échantillonnage doit être effectué à des intervalles de temps courts	Des relevés de recapture ont été menés 3, 10, 17 et 24 jours après la libération. La durée du marquage est courte.

Les conditions expérimentales testées

Site 1	Condition 1	Buisson clair avec <i>Adenostoma</i> ⁴ et accès possible pour les prédateurs
	Condition 2	Buisson clair avec <i>Adenostoma</i> mais sans accès possible pour les prédateurs
	Condition 3	Buisson foncé avec <i>Adenostoma</i> et accès possible pour les prédateurs
	Condition 4	Buisson foncé avec <i>Adenostoma</i> mais sans accès possible pour les prédateurs
Site 2	Condition 1	Buisson clair avec <i>Ceanothus</i> et accès possible pour les prédateurs
	Condition 2	Buisson clair avec <i>Ceanothus</i> mais sans accès possible pour les prédateurs
	Condition 3	Buisson foncé avec <i>Ceanothus</i> et avec accès possible pour les prédateurs
	Condition 4	Buisson foncé avec <i>Ceanothus</i> mais sans accès possible pour les prédateurs

Retrouvez éducol sur



4. Ici on parle de la population de phasme de l'écotype *Adenostoma* (que l'on trouve préférentiellement sur le buisson d'*Adenostoma*)

Analyse des résultats

Résultats A : sur buissons de *Ceanothus*, en présence de prédateurs, on voit que les individus à contraste de luminosité du corps important (+4) ont une probabilité de survie plus importante (0,6 contre 0,2) que ceux à contraste plus faible (-4). Ces phasmes qui ont un corps lumineux et des rayures ternes sont ceux de la population ou écotype « *Ceanothus* ».

Résultats C : en l'absence de prédateurs, les taux de survie des phasmes sur les buissons de *Ceanothus* sont équivalents quel que soit le contraste de luminosité du corps (donc quel que soit le type de population du phasme).

Résultats B : sur buissons d'*Adenostoma*, en présence de prédateurs, on voit que les individus à contraste de luminosité du corps faible (-4) ont une probabilité de survie plus importante (0,5 contre 0,05) que ceux à contraste plus fort (+4). Ces phasmes qui ont un corps terne et des rayures vives sont ceux de la population ou écotype « *Adenostoma* ».

Résultats D : en l'absence de prédateurs, les taux de survie des phasmes sur les buissons d'*Adenostoma* sont équivalents quels que soient les contrastes de luminosité du corps (donc quel que soit le type de population du phasme).

On en déduit, que la répartition observée sur tel ou tel buisson traduit l'effet d'une sélection naturelle où le type de buissons a engendré un léger avantage en termes de descendants face à la prédation.

Bibliographie

C.G.J, PETERSON. (1895). *Report of the Danish Biological Station*.

Colin J. BIBBY et al. (2006). *Bird Census Techniques*.

David A. PIKE et al. (2008). Estimating survival rates of uncatchable animals : the myth of high juvenile mortality in reptiles. *Ecology*.

NOSIL, Patrick. (2006). Experimental evidence that predation promotes divergence in adaptive radiation. *PNAS*.

Richard SOUTHWOOD et P. A. HENDERSON . (2000). *Ecological Methods*. Blackwell Publishing Ltd.