



COL DE CHANROUGE (VANOISE),  
UNE HARDE DE MÂLES ADULTES  
DE BOUQUETINS.

© Christophe Gotti - PN Vanoise

**Êtes-vous sûrs de la qualité** de vos estimations d'effectifs ? Si vous doutez, comparez cinq méthodes pour affiner.

# Estimation d'effectifs, passez la méthode au crible

Un simple décompte des individus (dénombrement) présents sur un site peut suffire pour estimer la taille d'une population animale ou végétale. Cette méthode a l'air aisée mais suppose que tous les individus présents soient comptabilisés. Il faut donc qu'on ait 100 % de chances de les détecter. Parce que cette situation est exceptionnelle (elle suppose qu'il y ait peu d'individus et qu'ils soient faciles à observer), les résultats des comptages sont un mélange entre effectifs réels et détection effective des individus. On peut affirmer que les comptages aboutissent très souvent à une sous-estimation de la taille réelle de la population.

## Tendance

On peut s'affranchir de ce biais en s'intéressant non pas à l'effectif absolu d'une population à un instant T, mais en examinant les tendances dans le temps : les effectifs observés étant alors pris comme des indices de l'abondance réelle. Mais cette manière de faire



**Les méthodes statistiques appliquées aux suivis ont fortement évolué, contrairement aux pratiques de terrain.**

pose question. En effet, la comparaison (dans le temps ou entre des sites) des indices d'abondance suppose que la détection des individus soit constante, quelle que soit la situation. Pourtant la détection varie souvent en fonction de la saison, l'heure de la journée, la densité de végétation, l'expérience de l'observateur, etc. Aussi, même en standardisant au maximum les conditions de terrain, il subsistera toujours un doute sur le respect de cette contrainte. Par ailleurs, l'utilisation d'indices d'abondance pose un deuxième postulat : les indices doivent varier de manière proportionnelle à l'abondance réelle. Or de nombreuses études ont montré que cela n'était pas systématiquement le cas (voir encart «Ce que peuvent cacher les indices d'abondance»). Que faire ?

Pour contourner ces difficultés quatre grandes classes de méthodes ont toutefois été développées ces dernières années. Elles permettent d'estimer sans biais des tailles de populations ou des densités.

## Double comptage

Les méthodes de double comptage consistent à faire compter simultanément par deux observateurs indépendants des animaux ou des plantes. Cette méthode peut aussi s'appliquer par un observateur unique visitant deux fois le même site. Elle est relativement aisée à mettre en œuvre, et donc couramment utilisée par les naturalistes, mais elle impose de pouvoir identifier les individus afin de les reconnaître lors de la deuxième visite (ou par le deuxième observateur). Cette identification se fait le plus souvent par marquage ou reconnaissance par photo-identification mais aussi par localisation géographique des individus si cette localisation est précise et stable dans le temps. Les calculs, à partir des données, sont extrêmement simples.

Prenons le cas de deux observateurs qui prospectent un site et repèrent des tortues qu'ils marquent. Chacun de leur côté, ils détectent six individus et les marquent. Parmi eux, trois tortues ont été vues par les deux observateurs.

On dispose de deux séries d'observations





**L'utilisation des méthodes de Capture-marquage-recapture impose que la population étudiée n'échange pas avec l'extérieur.**

Cette méthode pose pour hypothèses que la détection est de 100 % au niveau de l'observateur et que les individus sont peu mobiles, qu'ils ne fuient pas en réponse à sa présence. En dehors de ces contraintes, la méthode est

techniquement simple à mettre en œuvre. Les analyses sont effectuées à partir d'un logiciel gratuit appelé Distance, relativement convivial et aisé d'utilisation (mais en anglais).

### Capture-marquage-recapture

Les méthodes dites de Capture-marquage-recapture (CMR) consistent à capturer et marquer (sauf si reconnaissance individuelle par d'autres moyens type photo-identification) puis recapturer ou réobserver les animaux au cours du temps, selon un protocole standardisé (même superficie couverte à chaque session, prospection aléatoire, etc.). L'estimation des tailles de population à l'aide de cette méthode impose généralement que la population étudiée soit « close », c'est-à-dire n'échange pas d'individus avec l'extérieur et ne présente ni natalité ni mortalité entre la première et la dernière session. Cette méthode est basée sur le même principe que le double comptage, elle s'applique à des espèces susceptibles de s'éloigner du point d'observation ou de capture. Elle fournit en général des estimations précises. Cependant, elle impose un effort de terrain conséquent et la manipulation d'individus pour les marquer. Notons qu'elle permet de tenir compte d'éventuelles variations de l'effort de terrain entre les sessions, d'une détection variable selon des groupes d'individus (par exemple de sexes ou d'âges dif-



COMPTAGE DES ÉCREVISSÉS DE NUIT, À LA LAMPE TORCHE, PAR LES AGENTS DU CONSEIL SUPÉRIEUR DE LA PÊCHE DANS LE RU DE CROGIS, À PROXIMITÉ DE CHÂTEAU-THIERRY, DANS L'AISNE.

dont une partie aura été vue les deux fois et l'autre une seule fois. L'estimation du nombre total d'individus présents est fournie par le rapport suivant, appelé *Lincoln-Peterson index*:

$$N = \frac{(n_1 + 1)(n_2 + 1) - 1}{m + 1}$$

Avec  $n_1$ : le nombre d'individus observés au premier passage ou par le premier observateur (ici 6),  $n_2$ : ceux du deuxième passage (6 aussi) et  $m$ : le nombre d'individus vus les deux fois (ici 3).

Dans le cas présenté, la taille de la population (N) est estimée à 11 individus.

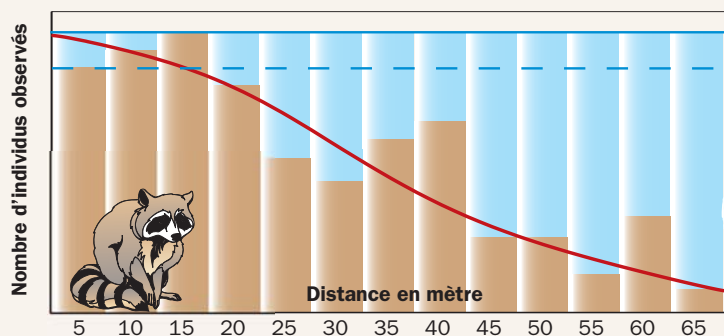
### Mesures de distances d'observation

Le *distance sampling* consiste à estimer la densité à partir de mesures de distances entre l'observateur et les individus observés lors d'un parcours ou lors d'une session d'observation de durée fixe sur un point. Cette méthode repose sur l'hypothèse que la probabilité de détection des individus décroît avec leur distance à l'observateur. Elle consiste alors à modéliser cette probabilité de détection à partir des données de terrain et, ainsi, à estimer le nombre d'observations manquantes dans chaque classe de distance (voir encart).

### Captures successives

Les protocoles de *removal sampling* consistent à effectuer plusieurs prélèvements successifs d'individus sur un site (par exemple des poissons dans une mare lors des pêches répétées). La comparaison entre le nombre d'animaux prélevés à chaque session permet d'estimer la probabilité de capture des animaux et d'en déduire l'abondance totale, même en l'absence d'un prélèvement exhaustif. On peut aller plus loin, et généraliser, en pratiquant par sessions successives et par comparaison du nombre de nouveaux individus détectés lors de chaque session. Cette méthode est facile à mettre en œuvre si les individus peuvent être prélevés ou identifiés individuellement. Les calculs se réalisent à l'aide de logiciels dédiés tels que *Removal Sampling 2*, malheureusement payant, ou à l'aide du logiciel gratuit Mark qui nécessite cependant un peu plus de technicité.

## Estimer la densité en fonction des distances d'observation



**Histogramme obtenu à partir des données prises sur le terrain (ici de 5 m en 5 m).**

La courbe rouge modélise le jeu des données. Posant l'hypothèse que la détection est de 100 % à l'emplacement de l'observateur, la ligne bleue représente alors la densité réelle des individus à chaque point de l'observation.

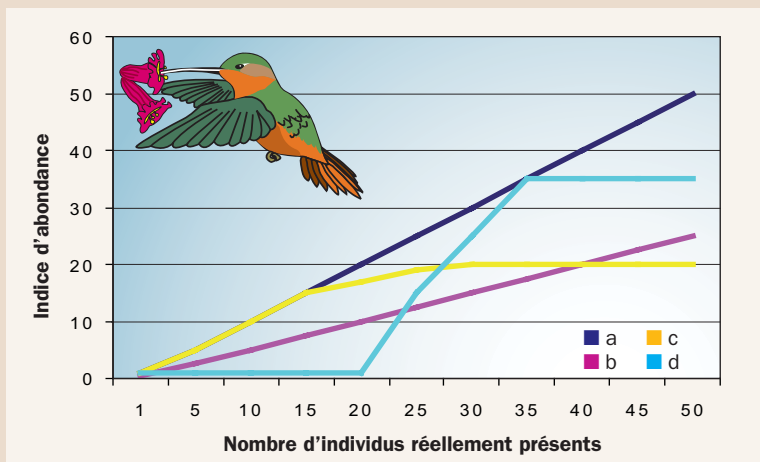
Au-dessous de la droite : les individus observés (marron) et non observés (bleu).

Si on n'avait pas modélisé les données (courbe rouge) et qu'on avait utilisé la première classe de distance pour obtenir la densité (ligne pointillée), on aurait obtenu une estimation légèrement biaisée, négativement dans cet exemple. ■

férents) ou de comportements d'évitement de l'observateur après une première capture par exemple. Les analyses peuvent se réaliser avec le logiciel Mark, convivial et avec un effort limité en termes d'acquisition de technicité (lui aussi en anglais). Ces quatre méthodes indiciaires permettent d'estimer la taille des populations et ses variations au cours du temps en tenant compte de la probabilité de détection des

individus. Cependant, les contraintes qu'elles imposent sont parfois difficiles à respecter, ce qui peut les rendre inopérantes. C'est particulièrement le cas lorsqu'on travaille à de grandes échelles spatiales (plusieurs milliers ou centaines de milliers d'hectares) ou sur des espèces rares, à faibles effectifs ou à très faible détectabilité. Or, ces espèces rares intéressent souvent les gestionnaires.

## Ce que peuvent cacher les indices d'abondance



Déterminer les effectifs réels en utilisant les indices d'abondance n'est pas toujours fiable. Les conclusions peuvent dépendre de la situation. Quatre exemples :

**A** • L'indice est strictement proportionnel à l'effectif. La population a été recensée de façon quasi exhaustive (cas rare).

**B** • L'indice croît linéairement avec l'effectif mais il augmente moins vite que celui-ci. La détection n'est pas de 100 %, mais elle est constante, quel que soit le nombre d'individus. Dans le cas présent, l'indice augmente deux fois moins vite que l'effectif, on en conclut que la détection est de 50 %. L'utilisation d'indices pour des comparaisons entre sites est ici pertinente.

**C** • L'indice augmente comme les effectifs lorsqu'ils sont faibles puis il stagne alors que les effectifs continuent d'augmenter. Ce genre de courbes est classique pour le recensement de mâles chanteurs d'oiseaux ; soit parce que la capacité de l'observateur à compter est limitée par la superposition de nombreux chants, soit parce que les oiseaux eux-mêmes régulent leur chant lorsqu'ils sont trop nombreux pour être clairement perçus. Dans cette situation l'indice est un très mauvais indicateur d'évolution des effectifs.

**D** • L'indice n'augmente pas, tant que les effectifs sont faibles. Il augmente très fortement à partir d'un certain seuil puis se stabilise alors que les effectifs continuent d'augmenter. Cette situation s'observe par exemple pour les comptages de mâles chanteurs : lorsque la densité est faible, la compétition pour les territoires est inexistante, les mâles ne chantent pas ; à partir d'un certain seuil de densité, les mâles entrent effectivement en compétition et cette situation crée la stimulation conduisant tous les mâles à chanter ; enfin l'indice d'abondance atteint son maximum pour les mêmes raisons que celles vues dans la situation C.

Les situations C et D sont fréquentes sur le terrain. Dans ces cas, l'utilisation des indices est à limiter. À moins de mener des études préalables destinées à vérifier la linéarité entre indices et effectifs, l'utilisation d'indices est fortement sujette à caution, donc déconseillée si l'on veut des bases fiables pour conduire la gestion. ■

### Présence-absence

Pour pallier cette difficulté, de nouvelles méthodes ont vu le jour ces dernières années qui découlent des méthodes classiques du type « présence-absence » :

- Elles s'attachent à estimer, non plus une abondance, mais la probabilité de présence d'une espèce sur un ensemble de sites.
- Elles permettent d'estimer des effectifs à partir de simples données de présence-absence (même en cas de non-observation sur le terrain), ou de données de comptages, avec une fiabilité statistique éprouvée.
- Elles permettent de tester l'influence de variables écologiques pour expliquer la répartition d'une espèce ou de modéliser la dynamique de colonisation-abandon des sites. Pour recueillir les données sur le terrain, il suffit de visiter des sites de façon répétée et de noter la présence de l'espèce, éventuellement, le nombre d'individus vus à chacune des visites.

Cette pratique qui requiert un investissement bien plus réduit que les méthodes précédemment exposées, permet d'être appliquée à des espèces rares, à des suivis à large échelle, ou à des suivis pour lesquels le temps sur le terrain est assez limité.

Elles reposent sur les mêmes principes mathématiques que les méthodes de type CMR. Les estimations peuvent être réalisées avec les logiciels Présence ou Mark. Ces méthodes, encore en plein développement, ont d'ores et déjà fait l'objet de nombreuses publications méthodologiques par des auteurs anglo-saxons (Buckland ou Mackenzie). Promises à un bel avenir, compte tenu de leur robustesse statistique<sup>1</sup> et des avantages qu'elles offrent, elles sont encore peu utilisées sur le terrain. Nous avons donc peu de recul sur leur pertinence dans telle ou telle situation. Il faut les utiliser avec prudence malgré leur potentiel important. ■

AURÉLIEN BESNARD - MARC CHEYLAN  
CEFE CNRS MONTPELLIER

>>> Mél : aurelien.besnard@cefe.cnrs.fr

1. Une valeur constituée sur un échantillon est robuste si elle n'est pas modifiée par une petite variation des données ou des paramètres du modèle.

### Télécharger les logiciels et manuels

- Distance : [www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance](http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance)
- Presence : [www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html](http://www.mbr-pwrc.usgs.gov/software/presence.html)
- Mark : [www.phidot.org/software/mark/download](http://www.phidot.org/software/mark/download)
- Removal sampling 2 : [www.pisces-conservation.com](http://www.pisces-conservation.com)