

ESTIMATION DES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES

- I. EFFECTIF/DENSITÉ
- II. SURVIE (ET TABLES DE VIE)
- III. REPRODUCTION

1

ESTIMATION DES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES

Introduction (cours L2 et L3 à revoir)

➔ **I Effectif/densité**
 Densités relatives
 Densités absolues sans marquage
 Densités absolues avec marquage

II Survie
 Par capture marquage recapture
 Populations fermées / populations ouvertes

& Tables de vie
 Exemples
 Utilisation

III Reproduction
 Sexe ratio
 % individus reproducteurs
 Fécondité

2

DYNAMIQUE D'UNE POPULATION

$$N_{t+1} = N_t + B_t + I_t - D_t - E_t$$

B_t = Birth
 D_t = Death
 I_t = Immigration
 E_t = Emigration

3

DYNAMIQUE D'UNE POPULATION

$$N_{t+1} = N_t + B_t + I_t - D_t - E_t$$

$$N_{t+1} = \lambda_t N_t$$

Environnement
 Biotique
 Abiotique
 Humain

↘

B_t = Birth
 D_t = Death
 I_t = Immigration
 E_t = Emigration

↑

Adaptation
 Selection / Evolution
 Trade off / Normes de réactions

↙

Caractéristiques Individuelles
 (génotype/phénotype)

4

LES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES

$$N(t+1) = Nt + B + I - D - E$$

Estimation de N_t , estimation de BIDE ?

La façon dont on s'intéresse aux paramètres démographiques dépend :

de l'espèce (plante ou animal)

des questions posées (régulation, gestion, conservation, adaptation, évolution...)

du type de population (isolée ou non)

5

LES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES

Principal problème : avoir accès à un jeu exhaustif de données

Le plus souvent estimés par échantillonnage (méthodes statistiques d'estimation)

Facilité d'estimation dépend des paramètres

6

ESTIMATION D'EFFECTIFS / DE DENSITÉ

Effectifs relatifs ou absolus d'une population

Densité

Effectifs ramenés à une surface, un volume ...

7

ESTIMATION D'EFFECTIFS

Pour connaître des tendances de l'évolution numérique

Pour regarder les variations entre estimations successives

8

ESTIMATION D'EFFECTIFS

Relevés (traces, crottes, terriers, relief de repas...)
Exhaustif
Sur échantillon de la zone

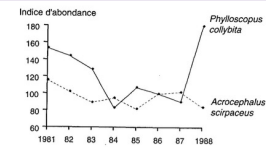
=> Faire attention à la « représentativité » des habitats! Et donc de la localisation des observations (établir et faire valider le protocole d'échantillonnage)

Effectifs

Indice d'abondance = évolution du nombre de captures par unité d'effort de capture (nombre de pièges-jour...)
Proportion constante mais inconnue de la population totale

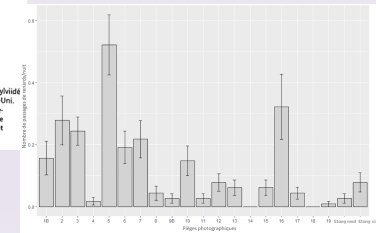
9

ESTIMATION D'EFFECTIFS



Variations de l'indice d'abondance de deux passereaux de la famille des sylviidés (P. c. : pouillot véloce; A. s. : roseirole effaratté) entre 1981 et 1988 au Royaume-Uni. L'indice d'abondance est le nombre de captures réalisées à partir d'un protocole entièrement standardisé (J. K. Constant Effort Sites Scheme). Même non calibrée, la méthode fournit des indications sur les variations d'abondance de nombreuses populations et constitue un très bon outil de surveillance des effectifs. (D'après Beer et al. 1992.)

(Henry 2001)



Nombre moyen de renards par nuit pour chaque piège photo sur la période du 04/03/2023 au 26/06/2023.

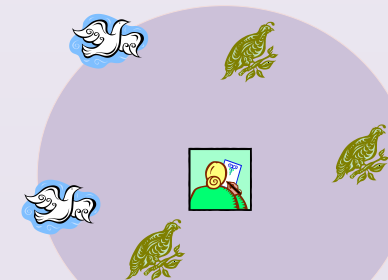
10

ESTIMATION D'EFFECTIFS

IPA : Indice ponctuel d'abondance
Recensement autour de points fixes (chants, cris...) au cours de séquences d'observations

11

POINT D'ÉCOUTE OU D'ÉCHANTILLONNAGE CIRCULAIRE (IPA)



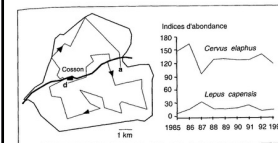
12

ESTIMATION D'EFFECTIFS

- IPA : Indice ponctuel d'abondance
 - Recensement autour de points fixes (chants, cris...) au cours de séquences d'observations
- IKA : Indice Kilométrique d'Abondance
 - À pied, en véhicule
 - Itinéraire tiré au sort si milieux différents
 - Itinéraire défini si même milieu

13

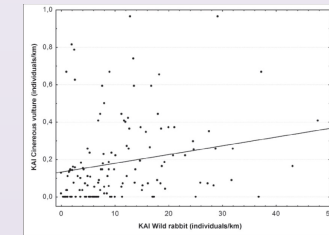
LINE TRANSECTS OU ÉCHANTILLONNAGE EN LIGNE (IKA)



Méthode des indices kilométriques d'abondance.

Cette méthode est utilisée au Domaine odysséen de Chambord pour apprécier les variations annuelles d'abondance des principales espèces de mammifères du parc. Les échantillonnages sont toujours faits au printemps et sont effectués en parcourant en itinéraire mesurable de 47 km, défini de manière à explorer les principaux secteurs du parc sans passer plusieurs fois au même endroit. Le véhicule utilisé possède des phares latéraux qui permettent de compter les animaux des deux côtés du chemin (à gauche : plan sommaire du parc ; à droite de l'itinéraire et à l'échelle, les résultats des dénombrements de deux espèces (C. n. : cerf élaphe ; L. c. : lièvre brun), directement comparables d'une année à la suivante, sont donnés pour les années 1985 à 1991. D'après les observations inédites du Domaine de Chambord.)

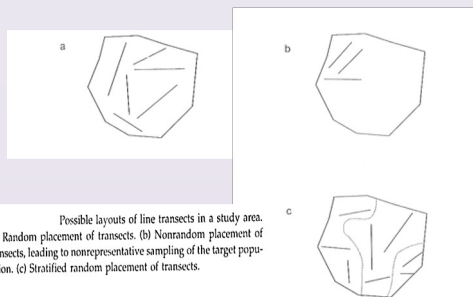
(Henry 2001)



Relationship between Kilometer Abundance Index (KAI) expressed as individuals (n)/km of cinereous vulture (*Aegypius monachus*) and wild rabbit (*Oryctolagus cuniculus*; $r^2 = 0.05$; $P = 0.010$), around Adolfo Suárez-Madrid Barajas Airport, Madrid, Spain, between June 2014 and May 2016.

14

LINE TRANSECTS OU ÉCHANTILLONNAGE EN LIGNE (IKA)



Possible layouts of line transects in a study area. (a) Random placement of transects. (b) Nonrandom placement of transects, leading to nonrepresentative sampling of the target population. (c) Stratified random placement of transects.

(Williams et al. 2001)

15

ESTIMATION D'EFFECTIFS

- IPA : Indice ponctuel d'abondance
 - Recensement autour de points fixes (chants, cris...) au cours de séquences d'observations
- IKA : indice kilométrique d'abondance
 - À pied, en véhicule
 - Itinéraire tiré au sort
 - Itinéraire défini

Distance sampling

16

DISTANCE SAMPLING

Distance Sampling = "échantillonnage par la distance"

Constat: si on parcourt un milieu en détectant les oiseaux à la vue et à l'audition, il est évident que plus les oiseaux présents sont loin de l'observateur, moins ils sont détectables.

Méthode: donc un peu de mathématiques sont nécessaires : la fonction $f(x)$ qui donne la probabilité de détection d'un oiseau en fonction de la distance d'observation est une fonction décroissante, avec

- probabilité 1 si l'oiseau est à distance = 0,
- probabilité 0 quand l'oiseau est à la limite maximale de détection.

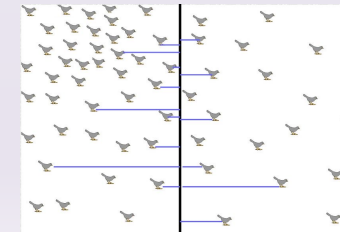
Hypothèses:

- Les objets situés sur la ligne ou le point sont détectés avec certitude
- Les objets sont détectés à leur emplacement initial.
- Les mesures sont exactes

17

DISTANCE SAMPLING

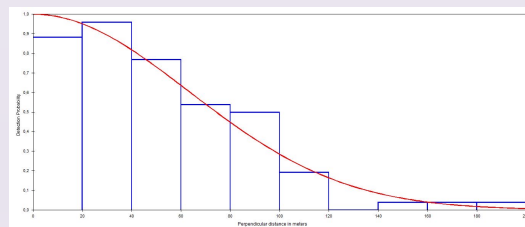
Le Distance Sampling consiste à parcourir un milieu dans de bonnes conditions (vitesse régulière, météo correcte), et à noter pas uniquement le nombre d'oiseaux rencontrés (ce qui s'appelle un Indice Kilométrique d'Abondance ou IKA), mais aussi sa distance par rapport à l'observateur.



18

DISTANCE SAMPLING

Les données de distance obtenues sont alors regroupées par classes (intervalles), ce qui donne le graphe suivant (nombre de données en fonction de la distance): bleu données de terrain, rouge courbe théorique.



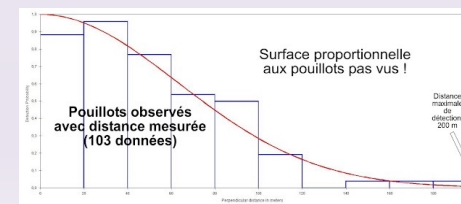
Ce diagramme présente, par intervalles de distance de 20 mètres, la probabilité de détection de 203 pouillots contactés le 26 mars 2016 le long d'un parcours d'un peu plus de 4 kilomètres dans la Réserve du Val d'Allier

19

DISTANCE SAMPLING

le logiciel DISTANCE trace la courbe de détection, ce qui permet d'extrapoler à la surface du rectangle constitué du tracé du "transect" rectiligne, sur deux fois la largeur de détection.

Ici 103 pouillots ont été notés sur une surface de 4,38 km x (2 x 200 m) dans le cas présent (soit 175 ha). Et, c'est bien visible ci-dessous, il est mathématiquement simple de calculer les pouillots NON DÉTECTÉS, si l'on suppose une répartition homogène sur la surface totale.



20

DISTANCE SAMPLING

Le logiciel nous permet donc d'évaluer à 221 pouillots la densité sur les 145 ha de comptage (avec une fourchette d'effectifs de 153 à 320 individus dans l'intervalle de confiance statistique de 95%).

```

Effort      : 4.382000
# samples  : 5
Width      : 199.9200
# observations: 103

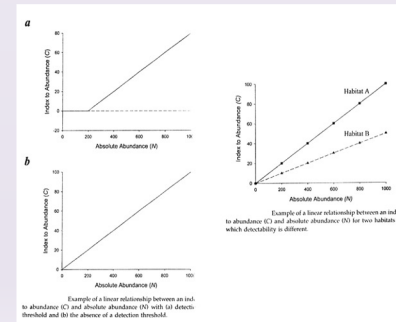
Model 3
Uniform key, k(y) = 1/W
Cosine adjustments of order(s) : 1, 2
    
```

Parameter	Point Estimate	Standard Error	Percent of Variation	95% Percent Confidence Interval
D	1.52468	0.23208	15.20	1.0578 2.2036
N	221.00	33.593	15.20	163.00 320.00

Measurement Units
Density: Numbers/hectares
EW: meters

21

LIEN ENTRE EFFECTIFS ET DENSITÉ !



(Williams et al. 2001)

22

LIEN ENTRE EFFECTIFS ET DENSITÉ !

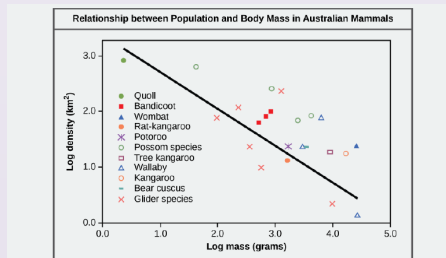


Figure 6.1.1: Australian mammals show a typical inverse relationship between population density and body size.

23

ESTIMATION DE LA DENSITÉ

Nombre d'individus / unité de surface

Surface ?

Feuille d'arbre (phytophage)

Hôte (parasite)

Volume (organisme aquatique)

Population fermée ou ouverte

24

ESTIMATION DE LA DENSITÉ

Populations fermées

Aucun évènement migratoires à l'échelle temporelle et spatiale de l'étude (B et D seulement)

Populations ouvertes

Prise en compte de la mortalité, natalité et dispersion (BIDE pendant l'étude)

25

ESTIMATION DE LA DENSITÉ

Sans marquage des individus

Avec marquage des individus

26

DENSITÉ SANS MARQUAGE DES INDIVIDUS

Dénombrement total

Population à effectif réduit

Population abondante occupant des milieux bien localisés (ex dans parc naturels et réserves, colonies d'oiseaux ou de mammifères marins, pots à amphibiens)

Dénombrement par échantillonnage

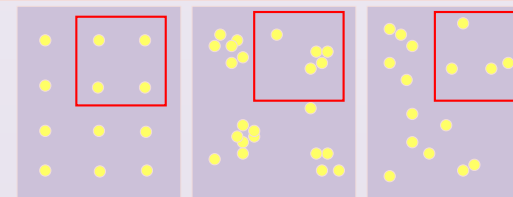
Petites surfaces représentatives de l'aire occupée

Quadrats

Transects

27

DISTRIBUTION SPATIALE DES INDIVIDUS



Distrib. régulière

agrégée

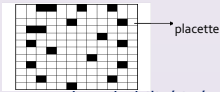
aléatoire

28

DENSITÉ SANS MARQUAGE DES INDIVIDUS

Plan d'échantillonnage

Echantillonnage aléatoire simple (milieu homogène)



Echantillonnage à probabilité inégale (milieu hétérogène)

Par exemple: Dénombrement aérien



Echantillon stratifié (milieu hétérogène et densité varie selon le milieu)

Définition de strates

29

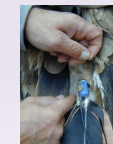
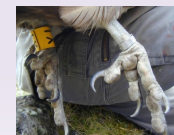
DENSITÉ AVEC MARQUAGE DES INDIVIDUS

Capture marquage recapture

Non individuel



Individuel



30

ESTIMATION DES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES

Introduction (cours L2 et L3 à revoir)

I Effectif/densité

Densités relatives
Densités absolues sans marquage
Densités absolues avec marquage

II Survie

Par capture marquage recapture
Populations fermées / populations ouvertes

& Tables de vie
Exemples
Utilisation

III Reproduction

Sexe ratio
% individus reproducteurs
Fécondité

31

MÉTHODES DE MARQUAGE ET RECAPTURE (CMR) => SURVIE ET/OU EFFECTIFS-DENSITÉ

La capture

Filet, aspirateur, piégeage par interception (pots-piège) ou par attraction (insectes)
Pêche électrique
Trappes appâtées
Méthodes non invasives: suivis crottes, de pièges à poils, pièges-photos, etc.

Probabilité de capture

Différence entre classes
Biais « effet capture » = « trap response »
« Trap happy » versus « trap shy »

32

MÉTHODES DE MARQUAGE ET RECAPTURE (CMR) => SURVIE ET/OU EFFECTIFS-DENSITÉ

Le marquage

Marquage naturel (photoidentification)

Marquage coloré (fluorescent)

Bagues, boutons auriculaires, plaquettes, étiquettes, épinglettes, tatouage, mutilation (nageoires, dernière phalange, encoches auriculaires)

Télémetrie (émetteur / récepteur)

Suivis Satellite (GPS)

Transpondeur

33

MÉTHODES DE MARQUAGE ET RECAPTURE (CMR) => SURVIE ET/OU EFFECTIFS-DENSITÉ

Pour individus mobiles

Principe : *Lorsque des individus sont prélevés au hasard dans une population, puis marqués et relâchés, la proportion d'individus marqués dans tout échantillon ultérieur constitué aléatoirement à partir de cette population, est une estimation sans biais de la proportion des individus marqués dans la population*

34

MARQUAGE NON INDIVIDUEL LA MÉTHODE DE LINCOLN PETERSEN

1^{er} échantillon

n_1 individus capturés et marqués

2^{ème} échantillon

n_2 individus capturés

m_2 marqués parmi les n_2

$$m_2/n_2 = n_1/N$$

$$\Rightarrow N = (n_1 n_2 / m_2)$$

35

HYPOTHÈSES À VÉRIFIER POUR LP

Population fermée

Le marquage n'influence pas la survie

Les marques se conservent pendant toute la durée de l'expérience

Probabilité de capture non affectée par le marquage

36

MARQUAGE NON INDIVIDUEL LA MÉTHODE DES TRIPLES CAPTURES DE BAILEY

Voir le TD CMR... surprise ;-)

37

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Marquage spécifique à chaque occasion de capture

Populations fermée (pas de E ni de I), si temps court => estimations de la taille de la population (effectifs)

Populations ouvertes (BIDE), temps « long » => estimation de la survie (en tenant compte de la probabilité de capture)

Marquage individuel = histoires individuelles

Exemple: Méthode de Jolly et Seber

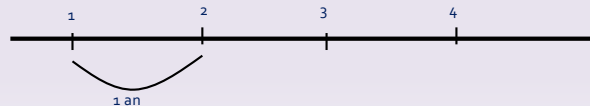
Occasions	1	2	3	4	5	6
Ind A	1	0	1	1	1	0
Ind B	1	1	0	0	0	1
Ind C	1	1	0	1	1	0
Ind D	1	0	0	0	0	0

38

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Principe: données recueillies

- Les individus sont marqués « à la naissance »
- Chaque année, une session de « contrôles » ou « recaptures » est organisée
- condition: la durée d'une session est courte par rapport à l'intervalle intersession



-Les contrôles se déroulent dans une zone d'étude géographiquement restreinte

39

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Principe: données recueillies

Données brutes:

Occasions	1	2	3	4	5
Ind A	1	0	1	1	0
Ind B	1	1	0	0	1
Ind C	1	1	0	1	0
Ind D	1	0	0	0	0

40

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Principe: données recueillies

Chaque colonne=1 année

Données brutes:

Occasions	1	2	3	4	5
Ind A	1	0	1	1	0
Ind B	1	1	0	0	1
Ind C	1	1	0	1	0
Ind D	1	0	0	0	0

Chaque ligne=1 indiv

1er « 1 »: marquage de l'indiv (=« naissance »)

Puis 1=vu
0=pas vu

41

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Principe: données recueillies

Données brutes:

Occasions	1	2	3	4	5
Ind A	1	0	1	1	0
Ind B	1	1	0	0	1
Ind C	1	1	0	1	0
Ind D	1	0	0	0	0

OK ?

42

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Principe: paramètres

But: déterminer les taux de survie des individus

Problème 1: détection imparfaite des individus : mort ou pas vu?

On estimera 2 paramètres:

- taux de survie s
- proba de détection p

43

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS


Principe: PARAMETRES

But: déterminer les taux de survie des individus

Problème 1: détection imparfaite des individus : mort ou pas vu?

Problème 2: s nécessairement surestimé

- dispersion définitive des indiv. Hors de la zone d'étude
- Perte de marques (ex: bague cassée)

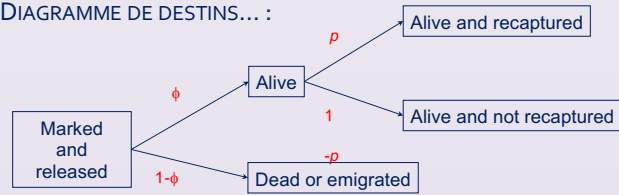


⇒ On calcule en réalité une « survie apparente » ϕ ou « survie locale » plutôt qu'une survie réelle s

44

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

DIAGRAMME DE DESTINS... :

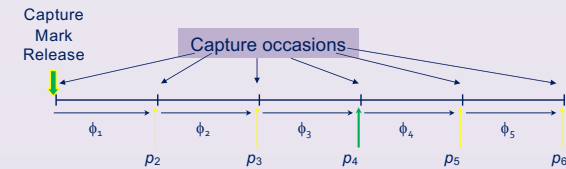


ϕ is apparent survival (open systems)
 p is probability of capture

45

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

...AUX HISTOIRES DE CAPTURES ET ESTIMATION DE SURVIES



Histoire de capture: 100100.

Correspondant à la probabilité: $\phi \cdot (1-p_2) \cdot \phi \cdot (1-p_3) \cdot \phi \cdot p_4 \cdot \chi_4$

χ_4 est la probabilité de ne pas être recapturé après la 4ème occasion de capture [= $(1-\phi_4) + (1-p_5)\phi_4 + (1-p_6)\phi_4$]:
 Correspond à : il n'a pas survécu à l'événement 4, ou il a survécu à l'événement 4 sans être recapturé, et événement contraire d'il a été capturé à l'événement 6 car il a survécu à l'étape 5

Parameters are estimated by maximum likelihood method

46

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Occasions	1	2	3	4	5
Ind A	1	0	1	1	0
Ind B	1	1	0	0	1
Ind C	1	1	0	1	0
Ind D	1	0	0	0	0

2 données vont être utilisées pour les modèles statistiques

n_i = nombre d'individus capturés à l'occasion i

f_i = nombre d'individus capturés exactement i fois

47

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Occasions	1	2	3	4	5
Ind A	1	0	1	1	0
Ind B	1	1	0	0	1
Ind C	1	1	0	1	0
Ind D	1	0	0	0	0
n_i	4	2	1	2	1

$f_1 = 1$; $f_2 = 0$; $f_3 = 3$; $f_4 = 0$; $f_5 = 0$

Les modèles tiennent compte des probabilités de détection différentes, que les probabilités de capture varient entre les occasions, de « l'effet capture »...

Le modèle sélectionné est celui qui explique le mieux les données et qui suppose le moins d'hypothèses (notion de parcimonie)

48

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

MODEL SELECTION

Based on log-likelihood-ratio tests (LRT)

For nested models only

$$\text{LRT} = -2\ln L(\theta_0) - (-2\ln L(\theta)) \sim \chi^2 \text{ with } np-r \text{ df}$$

Problems with multiple testing

Akaike Information Criterion (AIC)

No testing involved

$$\text{AIC} = -2\ln L + 2 * np \text{ (choose the lowest)}$$

May not converge to one model only

Biological *a priori* knowledge should guide the formation of hypotheses and the selection of models!

49

LOGICIELS CAPTURE, MARK, MSURGE, ETC.

Modèles testés:

M0 modèle constant

Mh effet hétérogénéité individuelle

Mb effet capture

Mbh effet capture x hétérogénéité

Mt effet temps

Mth, Mtb, Mtbh, etc...

50

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

Possible Capture Histories and Associated Probabilities^a

Capture history	Probability		
	M ₀ ^b	M _i ^c	M ₀ ^d
111	p^3	$p_1 p_2 p_3$	$p_c p^2$
110	$p^2(1-p)$	$p_1 p_2(1-p_3)$	$p_c p_i(1-p_i)$
101	$p^2(1-p)$	$p_1(1-p_2)p_3$	$p_c p_i(1-p_i)$
100	$p(1-p)^2$	$p_1(1-p_2)(1-p_3)$	$p_c(1-p_i)^2$
011	$p^2(1-p)$	$(1-p_1)p_2 p_3$	$(1-p_c)p_c p_i$
010	$p(1-p)^2$	$(1-p_1)p_2(1-p_3)$	$(1-p_c)p_c(1-p_i)$
001	$p(1-p)^2$	$(1-p_1)(1-p_2)p_3$	$(1-p_c)^2 p_c$
000	$(1-p)^3$	$(1-p_1)(1-p_2)(1-p_3)$	$(1-p_c)^3$

^a Under different models in a three-sample capture-recapture study of a closed population.

^b p = capture probability.

^c p_j = capture probability for sampling period j .

^d p_c = capture probability for unmarked animals; p_i = capture probability for marked (recaptured) animals.

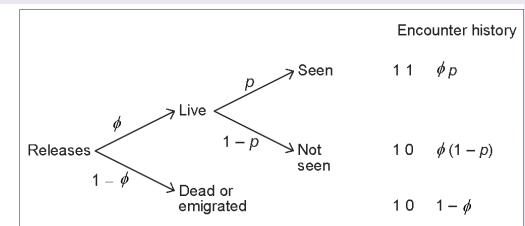
(Williams et al. 2001)

51

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

HISTOIRES DE CAPTURE - RECAPTURE

Figure 1. Representation of open population mark-recapture model. Each released animal has probability ϕ of surviving to the next capture session or survey, and each surviving animal has probability p of being detected. The encounter histories of dead and undetected animals are indistinguishable at this stage, but it becomes possible to estimate ϕ and p with further sessions. From White & Burnham (1999).



52

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

HISTOIRES DE CAPTURE - RECAPTURE

Possible Capture Histories and Associated Probabilities for Animals Released in Period 1 of a Three-Period Study, under the Cormack-Jolly-Seber Model*

Capture history	Probability
1 1 1	$\varphi_1 p_2 p_3$
1 1 0	$\varphi_1 p_2 (1 - p_3)$
1 0 1	$\varphi_1 (1 - p_2) p_3$
1 0 0	$(1 - \varphi_1) + \varphi_1 (1 - p_2) (1 - p_3)$

*Probabilities conditional on releases in period 1.

Expected Numbers of Recaptures $E(m_{ij}|R_i)$ the Data of Table 17.2 under the Cormack-Jolly-Seber Model Structure

Releases in period i	Recapture period j		
	2	3	4
R_1	$R_1 \varphi_1 p_2$	$R_1 \varphi_1 (1 - p_2) p_3$	$R_1 \varphi_1 (1 - p_2) p_3 (1 - p_3)$
R_2		$R_2 p_3$	$R_2 p_3 (1 - p_3) p_4$
R_3			$R_3 p_4$

(Williams et al. 2001)

53

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

ESTIMATION DES TAUX DE SURVIE PAR CMR

Autres facteurs que Age, temps, cohorte

- Effets groupes
Sexe, colonie, classes de phénotype, habitat..
- Variables externes
- Variables individuelles
- Variables d'état ou de mouvement

54

MARQUAGES INDIVIDUELS RÉPÉTÉS

MÉTHODE DU ROBUST DESIGN (ADAPTÉE À UNE POPULATION OUVERTE ET FERMÉE)

(Pollock et al. 1990)

55

BILAN CAPTURE MARQUAGE RECAPTURE POUR EFFECTIFS ET SURVIE

2 échantillons
Populations fermées
Méthode de Lincoln Petersen

Plusieurs échantillons (K>2)

Modèles de populations fermées

Méthode de Bailey
Modèle de Jolly Seber

Modèles de populations ouvertes

Combinaison populations ouvertes et fermées

Le « Robust » design

(Pollock et al. 1990)

56

TABLES DE (SUR)VIE DÉDUITES DES PARAMÈTRES DE SURVIE CALCULÉS PAR SUIVIS DÉMOGRAPHIQUES

Rappel: La démographie est l'étude statistique de l'évolution de la population au fil du temps : **taux de natalité, taux de mortalité et espérance de vie.**

Une population de grande taille entraîne un taux de natalité plus élevé, car le nombre d'individus potentiellement reproducteurs est plus important (**densité dépendance positive**).

En revanche, une population nombreuse peut également entraîner un taux de mortalité plus élevé en raison de la concurrence, des maladies et de l'accumulation des déchets (**densité dépendance négative**).

57

TABLES DE (SUR)VIE DÉDUITES DES PARAMÈTRES DE SURVIE CALCULÉS PAR SUIVIS DÉMOGRAPHIQUES

Enfin, un *sex-ratio* (le rapport entre les mâles et les femelles) ou une *structure d'âge* (la proportion de membres de la population à des âges spécifiques) biaisés par les femelles (la proportion de membres de la population dans des tranches d'âge spécifiques) composée de nombreux individus en âge de se reproduire peut augmenter les taux de natalité.

Rappel: Si les taux de natalité et de mortalité sont égaux, la population reste globalement stable.

la taille de la population augmentera si les taux de natalité sont supérieurs aux taux de mortalité (cas d'une population fermée)
la population diminuera si les taux de natalité sont inférieurs aux taux de mortalité.

L'espérance de vie est un autre facteur important.

La durée pendant laquelle les individus restent dans la population a un impact sur les ressources locales, la reproduction et la santé générale de la population. Ces caractéristiques démographiques sont souvent représentées sous la forme d'une table de mortalité (ou de survie).

58

TABLES DE (SUR)VIE DÉDUITES DES PARAMÈTRES DE SURVIE CALCULÉS PAR SUIVIS DÉMOGRAPHIQUES

Age interval (years)	Number dying in age interval out of 1000 born	Number surviving at beginning of age interval out of 1000 born	Mortality rate per 1000 alive at beginning of age interval	Life expectancy or mean lifetime remaining to those attaining age interval
0-0.5	54	1000	54.0	7.06
0.5-1	145	946	153.3	...
1-2	12	801	15.0	7.7
2-3	13	789	16.5	6.8
3-4	12	776	15.5	5.9
4-5	30	754	39.3	5.0
5-6	46	734	62.7	4.2
6-7	48	688	69.8	3.4
7-8	69	640	107.8	2.6
8-9	122	571	212.2	1.9
9-10	187	429	426.0	1.3
10-11	156	252	619.0	0.9
11-12	90	96	937.5	0.6
12-13	3	6	500.0	1.2
13-14	3	3	1000	0.7

mortality rate = $\frac{\text{number of individuals dying}}{\text{number of individuals surviving}} \times 1000$

mortality rate = $\frac{12}{776} \times 1000 \approx 15.5$

59

ESTIMATION DES PARAMÈTRES DÉMOGRAPHIQUES

Introduction (cours L2 et L3 à revoir)

I Effectif/densité

Densités relatives
Densités absolues sans marquage
Densités absolues avec marquage

II Survie

Par capture marquage recapture
Populations fermées / populations ouvertes

& Tables de vie
Exemples
Utilisation

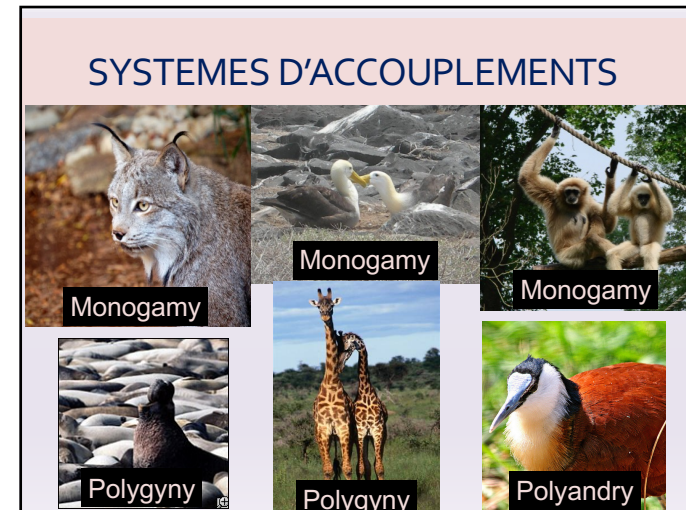
➔ **III Reproduction**
Sexe ratio
% individus reproducteurs
Fécondité

60

SYSTEMES D'ACCOUPEMENTS

<u>Mating Systems</u>	<u>Mode</u>	<u>Parental care</u>
Monogamy	One male and one female form bond	both
Polygyny	Male mates with multiple females	female
Polyandry	Female mates with multiple males	male
Promiscuity	Both sexes mate with multiple partners	Both, either, or neither

61



62

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Les bénéfices d'une reproduction sexuée :

- 1) Empêche le « cliquet de Muller »
 - les mutations délétères s'accumulent dans les lignées asexuées, pas dans les lignées sexuées.
 - Avantages à long terme
- 2) De nouvelles combinaisons de gènes sont créées
 - Hypothèse de la reine rouge : nécessité de créer de nouveaux arrangements génétiques pour lutter contre l'évolution des pathogènes
 - Avantages à court terme

63

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Qu'est ce que le sexe ratio?

- Le sex-ratio est défini comme la proportion de mâles par rapport aux femelles.
- Il existe deux sex-ratios distincts :
 1. le sex-ratio de la population
c'est-à-dire la proportion de mâles par rapport aux femelles dans la population
 2. le sex-ratio individuel
c'est-à-dire le sex-ratio de la descendance d'une femelle.

64

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Allocation du Sexe Ratio : Modèle nul

R. A. Fisher : Les stratégies parentales devraient évoluer vers un investissement égal dans la progéniture des deux sexes.

Si le sex-ratio tombe en dessous de 50 %, la production accrue du sexe rare est favorisée.

Dans l'hypothèse d'un accouplement aléatoire, le sexe rare connaîtra un plus grand succès reproductif.

La sélection en fonction de la fréquence conduit à un rapport de masculinité stable de 1:1.

65

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Adaptations aux biais de sexe ratio :

- 1) La condition maternelle influence l'investissement de la progéniture (effet Trivers-Willard)
- 2) Compétition locale entre partenaires
- 3) Compétition locale pour les ressources
- 4) Amélioration des ressources locales

66

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Effet Trivers-Willard

Le sex-ratio de la population est de 1:1, mais l'allocation individuelle des sexes dépend de l'état de santé.

Si les femelles en bonne condition transfèrent leurs capacités compétitives à leurs descendants mâles plus qu'à leurs descendants femelles (par exemple, par le biais des soins parentaux) et que les individus dominants engendrent plus de descendants

elles devraient donc produire plus de mâles que de femelles et les femelles en mauvaise condition devraient produire plus de femelles

67

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

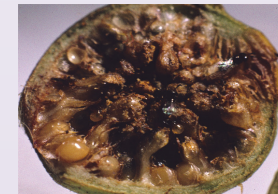
Compétition entre partenaires locaux/proches

L'accouplement entre mâles et femelles apparentées a lieu près du site d'éclosion. Les mâles sont en concurrence les uns avec les autres pour l'accouplement

Solution : Produire peu de mâles.

S'attendre à ce que la plupart des descendants de la première ponte soient des femelles.

S'attendre à ce que la femelle de la deuxième ponte ajuste le sex-ratio en fonction de la proportion de la couvée qui est la sienne.



Guêpes de la figue, guêpes parasitoïdes

68

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Compétition pour la ressource locale

Les descendants qui restent près de leur lieu de naissance peuvent entrer en compétition avec leurs parents pour les ressources.

Chez de nombreuses espèces, un sexe se disperse plus loin ou à un rythme plus élevé que l'autre sexe.

Solution : Produire plus d'individus du sexe qui se disperse

Par exemple, les galagos produisent plus de mâles.



69

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Amélioration des ressources locales

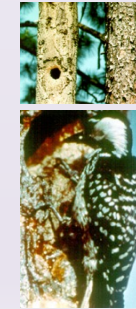
Chez certaines espèces, la progéniture d'un sexe retarde la dispersion et reste sur le site natal pour aider les parents à élever leurs frères et sœurs.

Les avantages des aides doivent être supérieurs au coût de la concurrence accrue.

Ex : les groupes de pics à calotte rouge sont dominés par les mâles.

Les mâles aident à nourrir les jeunes

Les cavités de nidification disponibles sont rares

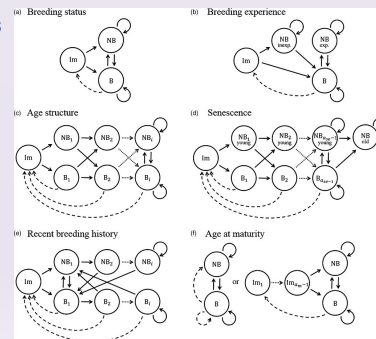


70

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

% d'individus reproducteurs pourquoi c'est important?

Modélisation des effets des non-reproducteurs sur les estimations de la croissance de la population



Journal of Animal Ecology, Volume: 86, Issue: 1, Pages: 75-87, First published: 14 September 2016, DOI: (10.1111/1365-2656.12592)

71

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Fécondité: taux de reproduction

Les démographes étudiant les populations se reproduisant sexuellement ignorent généralement les mâles et se concentrent sur les femelles, car seules les femelles donnent naissance à des descendants.

En conséquence (pour les populations à reproduction sexuée) les modèles sont basés uniquement sur les femelles (donc intégration du sexe ratio) et de leur fécondité

Le taux de reproduction: nombre de petits par femelle. Il peut être calculé pas de temps (par an ou saison, etc.) ou par évènement de reproduction, ou pour la durée de la vie reproductrice.

72

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Un tableau de reproduction est un résumé par âge des taux de reproduction d'une population, établi en mesurant les résultats de la reproduction des cohortes depuis la naissance jusqu'à la mort.

Pour les espèces sexuées, un tableau de reproduction comptabilise le nombre de descendants femelles produits par chaque groupe d'âge.

73

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Le rendement reproductif des espèces sexuées est le produit de la proportion de femelles d'un âge donné qui se reproduisent et du nombre de descendants de ces femelles reproductrices.

Les tableaux de reproduction varient considérablement d'une espèce à l'autre

Par exemple, les écureuils ont une portée de deux à six petits une fois par an pendant moins d'une décennie, alors que les chênes laissent tomber des milliers de glands chaque année pendant des dizaines ou des centaines d'années.

74

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Table 53.2 Reproductive Table for Belding's Ground Squirrels at Tioga Pass

Age (years)	Proportion of Females Weaning a Litter	Mean Size of Litters (Males + Females)	Mean Number of Females in a Litter	Average Number of Female Offspring*
0-1	0.00	0.00	0.00	0.00
1-2	0.65	3.30	1.65	1.07
2-3	0.92	4.05	2.03	1.87
3-4	0.90	4.90	2.45	2.21
4-5	0.95	5.45	2.73	2.59
5-6	1.00	4.15	2.08	2.08
6-7	1.00	3.40	1.70	1.70
7-8	1.00	3.85	1.93	1.93
8-9	1.00	3.85	1.93	1.93
9-10	1.00	3.15	1.58	1.58

*The average number of female offspring is the proportion weaning a litter multiplied by the mean number of females in a litter.
Source: P. W. Sherman and M. L. Morton, Demography of Belding's ground squirrels. *Ecology* 65:1017-1028 (1984).

Copyright © 2004 Pearson Education, Inc. Publishing as Pearson Benjamin Cummings.

75

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Les traits d'histoire de vie sont des produits de la sélection naturelle

La sélection naturelle favorise les caractéristiques qui améliorent les chances de survie et de reproduction d'un organisme.

Dans chaque espèce, il existe des compromis entre la survie et des caractéristiques telles que la fréquence de reproduction, le nombre de descendants produits et l'investissement dans les soins parentaux.

Les caractéristiques qui influencent le calendrier de reproduction et de survie d'un organisme constituent son cycle de vie.

76

PARAMÈTRES DE REPRODUCTION

Les traits d'histoire de vie sont des produits de la sélection naturelle

Le cycle de vie d'un organisme comprend les caractéristiques qui influencent sa phénologie de reproduction et de survie :

- l'âge auquel la reproduction commence
- la fréquence de reproduction de l'organisme
- le nombre de descendants produits au cours de chaque cycle de reproduction.

Les caractéristiques du cycle de vie sont des résultats évolutifs qui se reflètent dans le développement, la physiologie et le comportement d'un organisme.