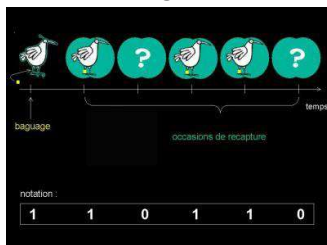


Méthodes d'analyse CMR

- 5 -



Aurelie MOULINS & Massimiliano ROSSO
CIMA Research Foundation

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

01 / 31

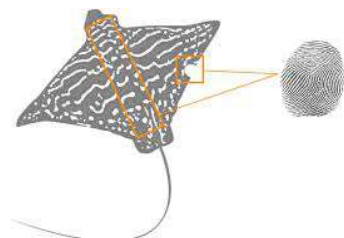
Suppositions initiales sur les marques

Marques **uniques**

Marques qui **ne changent pas** dans le temps

Marques qui sont toujours **reconnues**
et correctement **reportées**

Les captures sont **instantanées**



Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

02 / 31

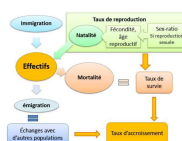
Modèles à partir de captures multiples

Modèles de populations fermées

Étude à très court terme (N est stable)
Prend en compte l'hétérogénéité de p

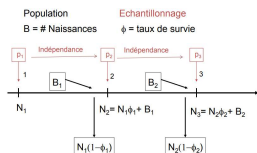
Modèles de populations ouvertes

Étude à long terme (N varie)
Ne prend pas en compte l'hétérogénéité de p
Utilisés pour estimer les taux de survie



Représentation schématique de l'évolution
d'une population ouverte.

ϕ (survie) ($1-\phi$ =mortalité)
 B (naissance)
 p (probabilités de capture) dépendent du
mécanisme d'observation



Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

03 / 31

La matrice m-array

Objectif = Modéliser la distribution des observations selon leur historique

Année	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
357_R	1	0	1	0	1	0	0	0	0
358_R	0	0	1	0	1	1	0	0	1
359_R	1	1	0	0	1	0	0	1	1
...

où 0: individu non observé; 1: individu observé.

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

04 / 32

La matrice m-array

Table triangulaire des individus relâchés et recapturés successivement

Relâchés	Marqués	Jamais recapturés
i	$i+1$ $i+2$... j ... k	
R_i	$m_{i,i+1}$ $m_{i,i+2}$... $m_{i,j}$... $m_{i,k}$	$R_i - r_i$
R_{i+1}	$m_{i+1,i+2}$... $m_{i+1,j}$... $m_{i+1,k}$	$R_{i+1} - r_{i+1}$
...
R_{k-1}	$m_{k-1,k}$	$R_{k-1} - r_{k-1}$

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

05 / 32

La matrice m-array

Objectif = Modéliser la distribution des observations selon leur historique

Relâchés	Marqués	Jamais recapturés
i	$j = 2 \ 3 \ 4 \ 5 \ 6 \ 7$	$R_i - r_i$
1	22	11 2 0 0 0 0 9
2	60	24 1 0 0 0 35
3	78	34 2 0 0 42
4	80	45 1 2 32
5	88	51 0 37
6	98	52 46

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

06 / 32

La matrice m-array

Objectif = Modéliser la distribution des observations selon leur historique

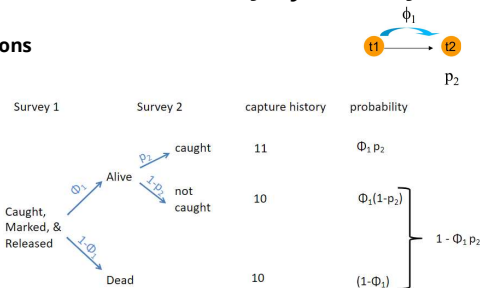
Relâchés		Marqués						Jamais recapturés	
i	R_i	$j=2$	m_{ij}	3	4	5	6	7	$R_i - r_i$
1	22 (10)	11	2	0	0	0	0	0	9
2	49 (01)	24	1	0	0	0	0	0	35
3	52 (001)			34	2	0	0		42
4	45 (0001)				45	1	2		32
5	88					51	0		37
6	98						52		46
7	54								54

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

07 / 32

Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS)

2 occasions



Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

08 / 32

La matrice m-array

Objectif = Modéliser la distribution des observations selon leur historique

Relâchés		Marqués						Jamais recapturés	
i	R_i	$j=2$	m_{ij}	3	4	5	6	7	$R_i - r_i$
1	22 (10)	11	2						9
2	49 (01)	24	1						35
3	52 (001)			34	2	0	0		42
4	45 (0001)				45	1	2		32
5	88					51	0		37
6	98						52		46
7	54								54

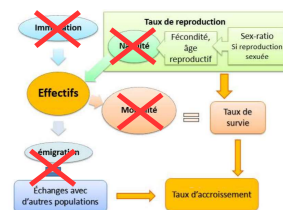
Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

09 / 32

Modèles de populations fermées

**N est stable
p est constante**

- Modèle le plus simple
- le marquage n'affecte ni survie, ni recapture
- tous les individus ont les mêmes probabilités de capture à chaque occasion
- tous les individus ont le même taux de survie



Modèle M0
Probabilité de capture constante (modèle nul)

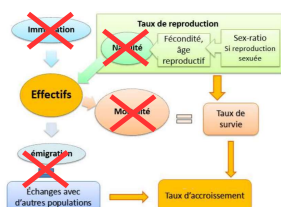
Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

10 / 32

Modèles de populations fermées

**N est stable
p n'est pas constante**

- Modèle Mt
Probabilité de capture qui varie en fonction des **occasions** de captures
- Modèle Mb
Probabilité de capture qui varie **après la première capture**
- Modèle Mh
Probabilité de capture qui varie en fonction des **individus**
- Modèle Mtb, Mth, Mbh
Combinaisons



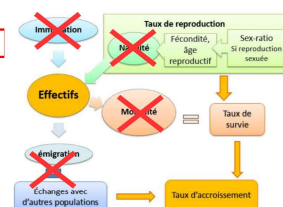
Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

11 / 32

Modèles de populations fermées

Analyse dans MARK – Module CAPTURE

- Très simple d'utilisation
- Utile comme première exploration des données avec ce type de modèles
- Evaluation des modèles entre eux pour choisir le modèle le plus adapté aux données observées (Goodness of fit tests)
- Mais pas une vraie sélection du modèle



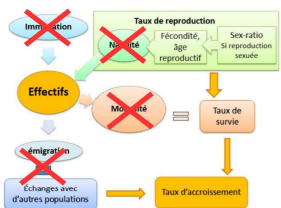
Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

12 / 32

Modèles de populations fermées

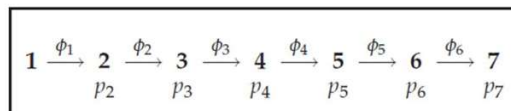
Analyse dans MARK

- Plus flexible que le Module CAPTURE
- L'utilisateur peut définir le modèle pour expliquer la variation de la probabilité de capture
- Choix rigoureux du meilleur modèle (Akaike's Information Criterion - AIC)



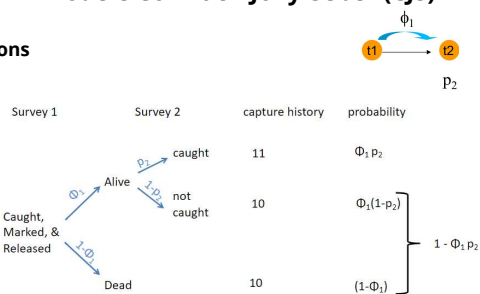
Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS)

Modèle qui ignore l'influence de l'âge / ou de la cohorte
La survie et la probabilité de capture varie dans le temps



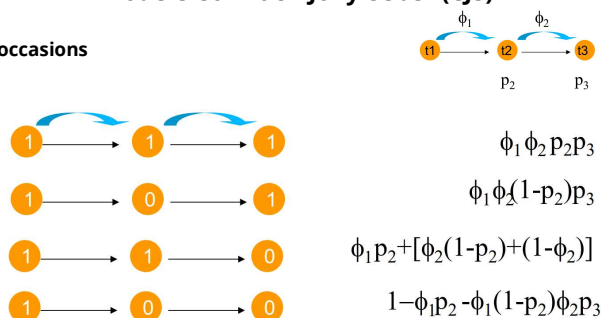
Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS)

2 occasions



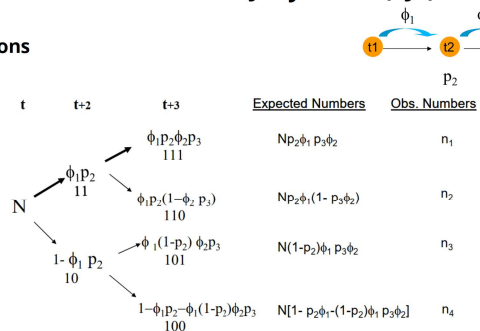
Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS)

3 occasions



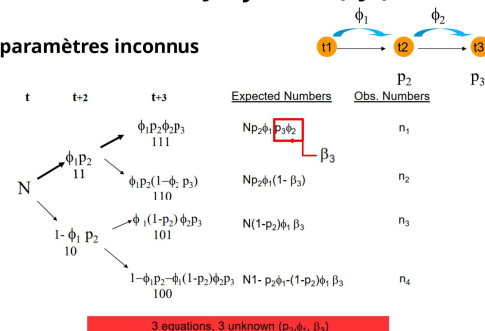
Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS)

3 occasions



Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS)

3 occasions : paramètres inconnus



Modèle Cormack-Jolly-Seber (CJS) Paramètres identifiables en fonction des occasions

3 occasions

$p_3\phi_2$ sont des paramètres que l'on ne peut pas distinguer

k occasions

Nombre d'occasions k	Paramètres identifiables
3	3
4	5
7	11
k	2k-3

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

19 / 32

La représentation m-array

C'est une représentation triangulaire du nombre d'animaux relâchés lors des **occasions i** et **re-capturés à j**

Chaque situation ij a une probabilité qui combine la **probabilité de survie** avec **celle d'être capturée**.

Les animaux capturés dans des occasions précédentes qui disparaissent à la dernière recapture ne contribuent pas à l'analyse.

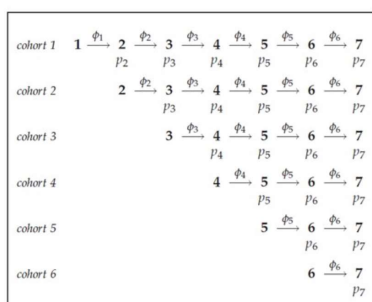
Les paramètres ϕ_{1-k} sont toujours associés et forment le paramètre **betak**.

Les paramètres $2k-3$ identifiables sont **dépendants du temps** dans ce modèle.

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

20 / 32

Modèle par cohorte

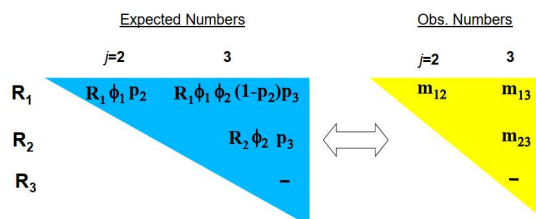


Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

21 / 32

La représentation m - array

3 occasions



Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

22 / 32

Modèle proche de Cormack-Jolly-Seber

CJS est un modèle qui considère que la survie et la probabilité de capture varie dans le temps.

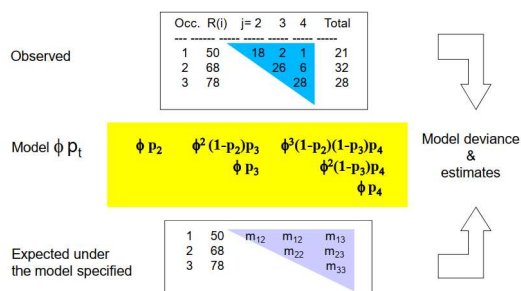
Il est possible de construire d'autres modèles qui renoncent à certaines hypothèses :

- la survie et/ou la probabilité de capture peut/peuvent être constante(s).

Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

23 / 32

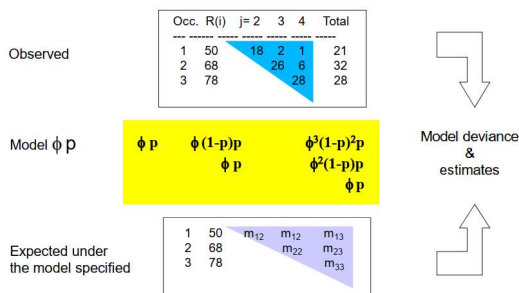
Modèle proche de Cormack-Jolly-Seber



Joint workshop on Estimating Cetaceans' Abundance
Bizerte, (Tunisia) 25-28 February 2019

24 / 32

Modèle proche de Cormack-Jolly-Seber



Modèles des populations ouvertes

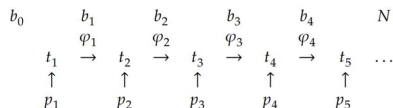
Ils ont pour objectif d'estimer le **taux de survie** et la **taille de la population**.

L'estimation du **taux de survie** est **plus robuste** alors que celle de la taille de la population l'est **moins**.

Les modèles ouverts ne tiennent pas compte de l'hétérogénéité de la probabilité de capture.

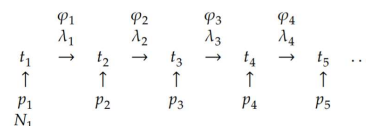
Formulation POPAN

Figure 12.2: Process model for POPAN parameterization of JS experiments. p_i represents the probability of capture at occasion i ; ϕ_i represents the probability of an animal surviving between occasions i and $i+1$; and b_i represents the probability that an animal from the super-population (N) would enter the population between occasions i and $i+1$ and survive to the next sampling occasion $i+1$. Losses-on-capture are assumed not to happened, but are easily included.

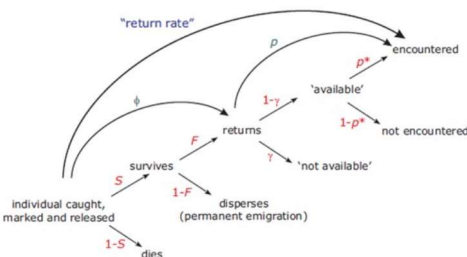


Formulation Burnham et Pradel

Figure 12.4: Process model for Burnham and Pradel- λ parameterization of JS experiments. p_i represents the probability of capture at occasion i ; ϕ_i represents the probability of an animal surviving between occasions i and $i+1$; and λ_i represents the rate of population change. The population size at time 1, N_1 is used by the Burnham formulation, but not by the Pradel- λ formulation. Losses-on-capture are assumed not to happened, but are easily included.



Biais et imprécisions



Mesurer la représentativité du modèle

La mesure de la **qualité du modèle** se fait par l'estimation de la **variance des résidus**.

Il faut donc estimer les paramètres qui **minimisent la variance** des résidus.

Ici on utilise la Maximum-Likelihood Estimation LME

$$AIC = -2\log_e(L) + 2q$$

L est le Maximum Likelihood, fonction statistique des paramètres du modèle

q est le nombre de paramètres du modèle

Mesurer la représentativité du modèle

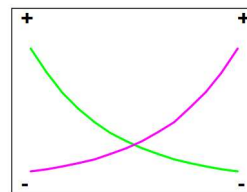
Le plus petit AIC est le meilleur modèle

Utilisable seulement si on compare des modèles à partir des mêmes données

AICw mesure la relative importance de chaque modèle (proportion)

Mesurer la représentativité du modèle

Modèle facile à interpréter



Modèle correspondant aux données

- Nombre de paramètres +