

# Chapitre 1

## Méthodes de dénombrement des populations animales

Philippe Bouché  
Philippe Lejeune

1



- 1 - Introduction
- 2 - Indices d'abondance
- 3 - Dénombrements
  - complets
  - par échantillonnage
- 4 - Distance sampling
- 5 - Autres méthodes

2



## Introduction

- Pourquoi estimer l'effectif d'une population animale ?
  - Gestion de parcs ou de réserves
    - ✓ Etude de l'écologie de l'espèce (distribution, déplacements / saison)
    - ✓ Suivi de la population (monitoring)
    - ✓ Structure & dynamique des populations
    - ✓ Quota de chasse, cropping ou capture

3



## Introduction

- Contraintes liées aux techniques de recensement des populations animales
  - Mobilité des animaux
  - Détectabilité des animaux (taille, couleur de robe)
  - Variations importantes des effectifs
  - Comportement des animaux (répartition, domaine vital, degré de grégarité, habitat, topographie, migratoire ou sédentaire)

4



## Introduction

- Contraintes liées aux techniques de recensement des populations animales
  - Ressources disponibles (humaines, financières, matérielles, logistiques)
  - Taille de la zone d'étude

5



## Introduction

- Conséquences de ces contraintes
  - Méthodes souvent peu précises (erreur : → 20-100 %)
  - Estimation d'effectifs parfois difficile
  - Estimation d'effectifs souvent remplacée par l'estimation d'indices d'abondance (densité relative)

6

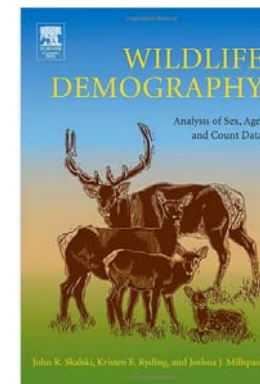


## Introduction

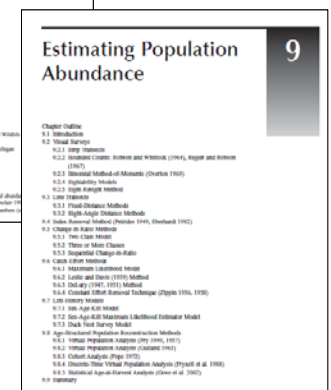
### Types de méthodes

- Beaucoup de méthodes différentes (adaptations spécifiques)
- Différences entre méthodes :
  - ✓ échantillonnage
  - ✓ détectabilité
  - ✓ connaissance de prélèvements
  - ✓ populations constituées de ≠ classes

7



Skalski\_2005.pdf



8



## Introduction

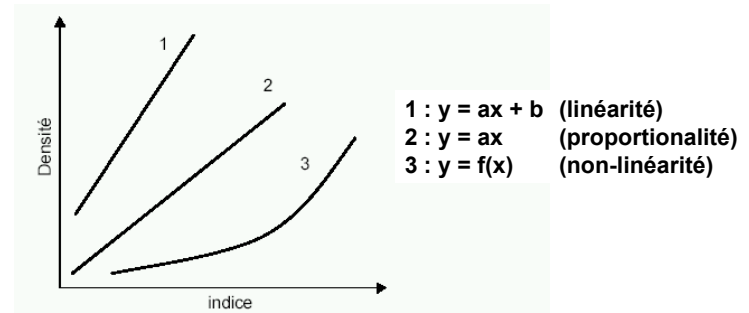
### Types de méthodes

- Méthodes « opérationnelles »
  - ✓ dénombrement complet (comptage total)
  - ✓ dénombrement dans unités d'échant.
  - ✓ distance sampling (transect en ligne)
  - ✓ indices d'abondance
- Méthodes « lourdes » (recherche)
  - ✓ capture-recapture
  - ✓ effort de chasse
  - ✓ changement de ratio
  - ✓ ...

## Indices d'abondance

### Définition

- Variable présentant 1 relation  $\pm$  étroite avec l'effectif de la population



## Indices d'abondance

### Relation indice d'abondance - effectif

- Pas toujours connue !!
- Relation la plus intéressante :  $y = a.x$

## Indices d'abondance

### Types d'indices d'abondance

- Indices de présence directs
  - ✓ contact visuel ou auditif avec individu
- Indices de présence indirects
  - ✓ pas de contact visuel direct
  - ✓ observation de traces (excréments, nids, ...)
  - ✓ problème de l'estimation de la durée de vie des traces et de leur taux de production

## Indices d'abondance

### Indices de présence directs : exemples

- Nombre d'antilopes observées le long de 5 km de piste
- Nombre d'éléphants observés par heure ou en 1 nuit autour d'un point d'eau
- Nombre de céphalophes répondant à un appel (imitation d'un cri) durant 15 min.

13



## Indices d'abondance

### Indices de présence indirects : exemples

- nombre de nids de gorilles observés le long de transects

$$\text{Abond}_{\text{corrigée}} = \frac{\text{Abond}_{\text{obs}}}{\text{Durée Vie Nid}}$$

14



## Indices d'abondance

### Standardisation des indices d'abondance

- Permet de comparer différents indices
- Mêmes conditions d'observation
  - ✓ durée, longueur du parcours
  - ✓ même période de la journée, de l'année
  - ✓ mêmes observateurs

15



## Indices d'abondance

### Indice Kilométrique d'Abondance (IKA)

- Parcours d'1 ensemble de circuits (pistes)
- Nombre d'obs / distances parcourues

$$\text{IKA} = \frac{\sum n_i}{\sum l_i}$$

- Méthode bien adaptée quand réseau de pistes intégré dans le paysage et suffisamment dense (0,6 km piste/km<sup>2</sup>)

16



## Indices d'abondance

### Indice Kilométrique d'Abondance (IKA)

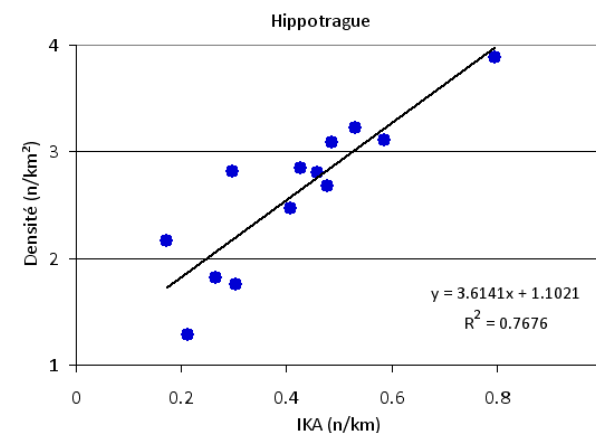
- Avantages :
  - ✓ simplicité
  - ✓ applicables avec beaucoup d'autres méthodes
  - ✓ faible coût
- Inconvénients :
  - ✓ effet opérateur

17

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Indices d'abondance

### Relation IKA/densité



18

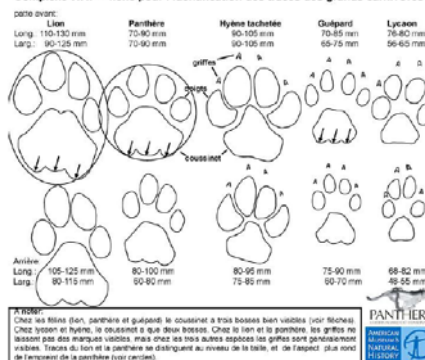
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Indices d'abondance

### Relation IKA/densité

#### IKA densité de traces de grands carnivores

##### Complexe WAP – fiche pour l'identification des traces des grands carnivores



Protocole pour la prise de photos de traces: Pour toutes traces des grands carnivores trouvées, prenez toujours des photos des traces. Choisissez une empreinte laissée sur un substrat ferme, sec, et



Figure 21: Equipe d'inventaire de trace à l'aide d'une moto

19

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Indices d'abondance

### IKA densité de traces de grands carnivores

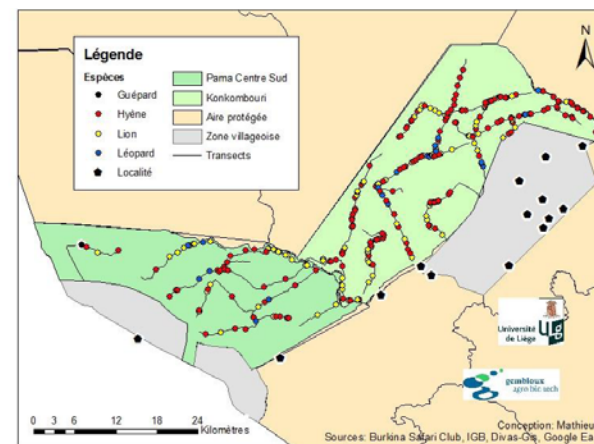


Figure 37: Répartition des traces de grands carnivores dans les zones de chasse de Konkombouri et Pama Centre Sud

20

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Indices d'abondance

IKA densité de traces de grands carnivores

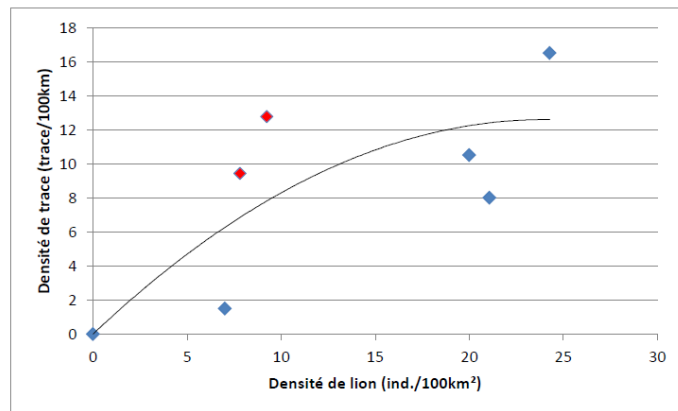


Figure 40: Equation de la densité de lion et fonction de la densité de trace (En bleu : données fournies par Funston (2010) En rouge : données provenant de cette étude)

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

21

## Indices d'abondance

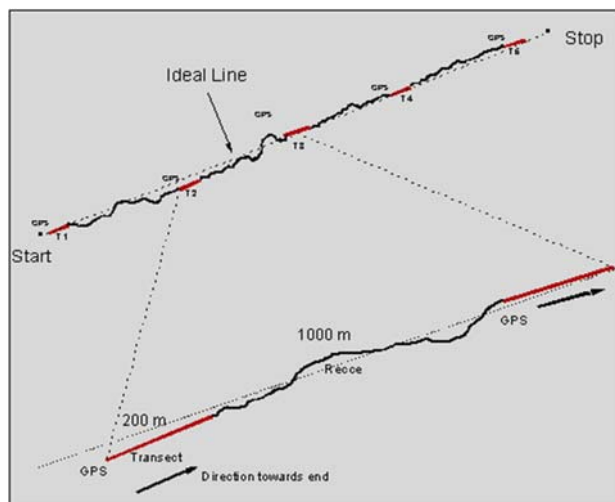
### Application en forêt dense

- Définition de transects (→ distance sampling)
  - inconvénient : difficulté de réalisation
  - avantage : représentativité de l'échantillon
- Marches de reconnaissance (Recce)
  - principe : suivre des chemins de moindre résistance (pistes d'animaux ou d'hommes, lignes de crêtes, ...)
  - avantage : + simple
  - inconvénient : statistiquement discutable mais bonne corrélation avec données de transects
- Méthode du Recce-transect
  - combinaison des 2 méthodes précédentes

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

22

## Indices d'abondance



### Méthode du Recce-transect

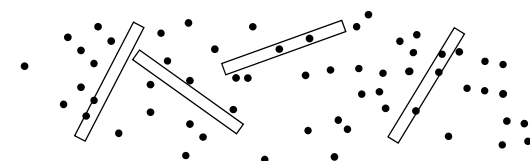
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

23

## Dénombrements aériens

### Principe

- Parcourir une partie de la zone d'étude (échantillon) représentative
- Dénombrer les animaux vus dans l'échantillon
- Densité = nombre d'animaux/surface éch.



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

24



## Dénombrements aériens

### Principe

- Mise en œuvre : survol aérien
- OK pour le suivi de la faune sur des zones importantes et peu accessibles
- Méthode très utilisée en Afrique
- Nécessite des moyens relativement importants (avion ailes hautes 4 places + radar altimètre)
- Applicable surtout aux mammifères de grande taille (détection) : éléphant, buffle

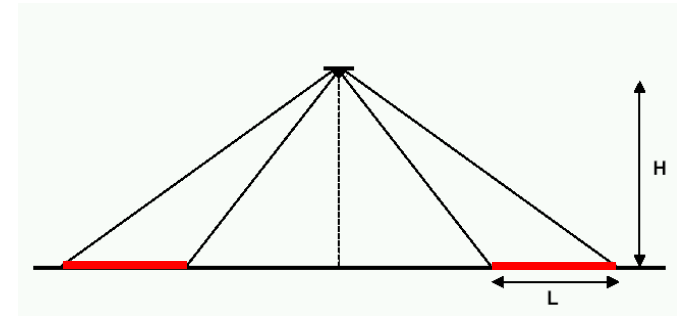
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

25

## Dénombrements aériens

### Unités d'échantillonnage

- Bandes à largeur fixe (fonction de la hauteur de vol)



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

26

## Dénombrements aériens

### Unités d'échantillonnage

- Bandes à largeur fixe : étalonnage

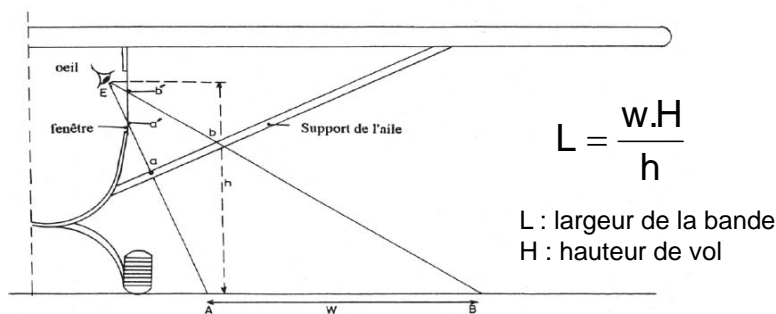


Fig 3.3: Définition de la bande d'échantillonnage. (Source: Norton-Griffiths 1978)

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

27

## Dénombrements aériens

### Unités d'échantillonnage

- Bandes à largeur fixe : horizontalité de l'appareil !

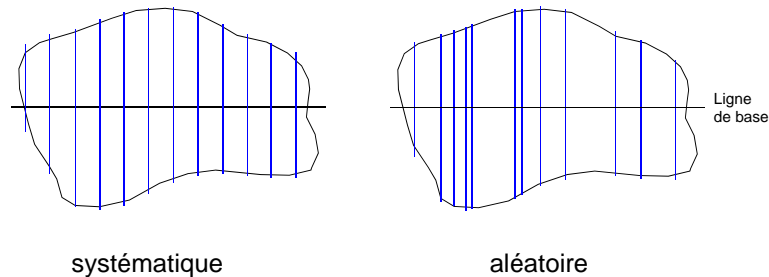


RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

28

## Dénombrements aériens

### Disposition des Unités d'échantillonnage



29

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



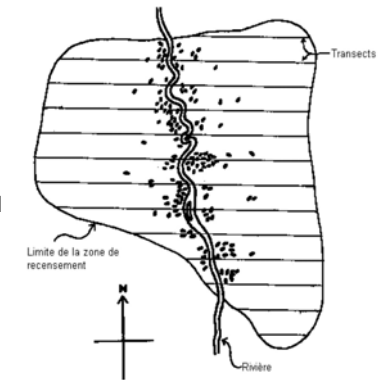
## Dénombrements aériens

### Plan d'inventaire

- Veiller à placer les transects dans le sens du gradient écologique soit toujours perpendiculaire aux cours d'eau principaux (en eau).

- Si la zone doit être divisée en bloc (un bloc par jour), toujours ajuster les limites de bloc aux limites des bassins versants

- Intervalle entre les lignes de vols varie selon la taille de la zone d'étude, les moyens disponibles et la densité d'animaux (en général 2,5 à 3 km pour éviter double comptages)



30

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Dénombrements aériens

### Mise en oeuvre

- altitude : 100 m (compromis facilité et vitesse de détection)
- largeur de bande : 200 - 250 m
- vitesse : la plus réduite possible 80 Kt = 145 km/h vent de face (! décrochage) jusqu'à 105 Kt = 190 km/h vent de dos
- pilote expérimenté : ligne de vol (GPS), altitude (radar alti), horizontalité
- observateur : comptage rapide (3 animaux/sec), formation
- lignes de vol : E-W (éblouissement)
- programmation du vol : 3 à 4 h début et fin de journée (animaux à découvert hors de l'ombre) en saison sèche froide ou début saison pluies

31

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



Diapositive 31

2

Pourquoi? Cela est rarement le cas dans la réalité  
Philippe Bouché: 6/01/2011



## Dénombrements aériens

### Traitement des données

- calcul de la densité :

$$\hat{D} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{\sum_{i=1}^n z_i}$$

nombre d'animaux vus sur le transect i

surface du transect i

- calcul de l'effectif :

$$\hat{Y} = \hat{D} \cdot S$$

32



## Dénombrements aériens

### Traitement des données (Jolly II)

- calcul de l'erreur d'échantillonnage :  
(erreur d'un quotient de deux variables aléatoires)

$$\hat{\sigma}_Y^2 = \frac{N(N-n)}{n} (\hat{\sigma}_y^2 - 2 \cdot \hat{D} \cdot \hat{\sigma}_{yz} + \hat{D}^2 \cdot \hat{\sigma}_z^2)$$

où  $\hat{\sigma}_Y^2$  est la variance de l'effectif estimé ;  
 N, le nombre de transects qu'il est possible d'installer (W/w)  
 W, la plus grande largeur de la zone d'étude, w, la largeur de bande échantillonnée ;  
 $\hat{\sigma}_y^2$ , la variance estimée de y ;  
 $\hat{\sigma}_z^2$ , la variance de z ;  
 $\hat{\sigma}_{yz}$ , la covariance de (y,z).

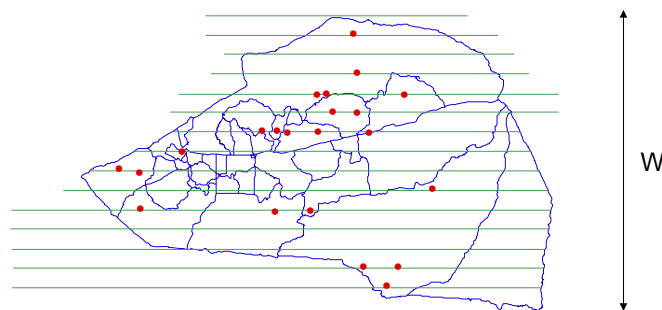
33



## Dénombrements aériens

### Traitement des données

- détermination de N : W / w



w : largeur du transect (bande gauche + bande droite)  
 W : largeur totale de la zone d'étude  $\perp$  aux lignes de vol

34



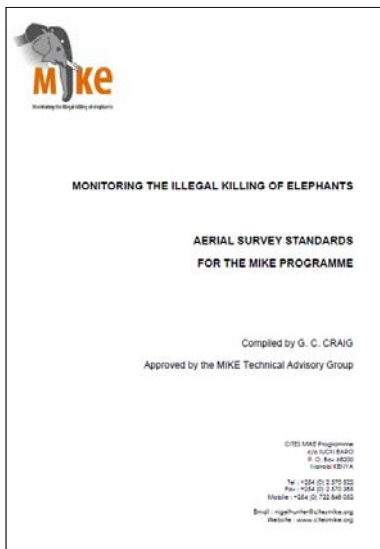
## Dénombrements aériens

### Standardisation de la méthode

- Permet la comparaison de différents inventaires
- Reconnaissance du survey par la CITES ([www.cites.org](http://www.cites.org))
- Voir notice technique
- Concerne :
  - les paramètres de vol
  - le taux d'échantillonnage
  - la mesure de l'altitude
  - ...

35





[www.cites.org/common/prog/mike/survey/aerial\\_standards.pdf](http://www.cites.org/common/prog/mike/survey/aerial_standards.pdf)

36

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Dénombrements aériens

### Exemple : Parc de OMO (Ethiopie)

37

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Les inventaires : grille de survol



espacement entre les transects \* surface de la bande d'observation  
= taux de sondage



Echantillonnage élevé : 40 % soit un transect tous les 1.5 km et une bande d'observation de 600 mètres (300m pour chaque observateur)

Les points de départ et de fin des transects sont générés par le logiciel "grille"

Les points de demi tour entre deux transects seront téléchargés dans le GPS pilote et serviront de route lors de l'inventaire

## Les inventaires : formation des équipes



Respect de la bande d'observation  
Reconnaissance des animaux  
Taille des groupes  
Nomenclature d'annonce

Vigilance lors des vols

Ne pas être malade en avion

Cellule SIG et gestion des données au sol





40

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Les inventaires : collecte de données

Plan de vol : altimètre radar et GPS

Observations en vol : GPS et Cyber tracker

Photos aériennes : appareil numérique

Au sol : intégration des données dans le SIG, création de la base de données, gestion et interprétation des photos aériennes



42

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



43

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical





44

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



45

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



46

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



47

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical





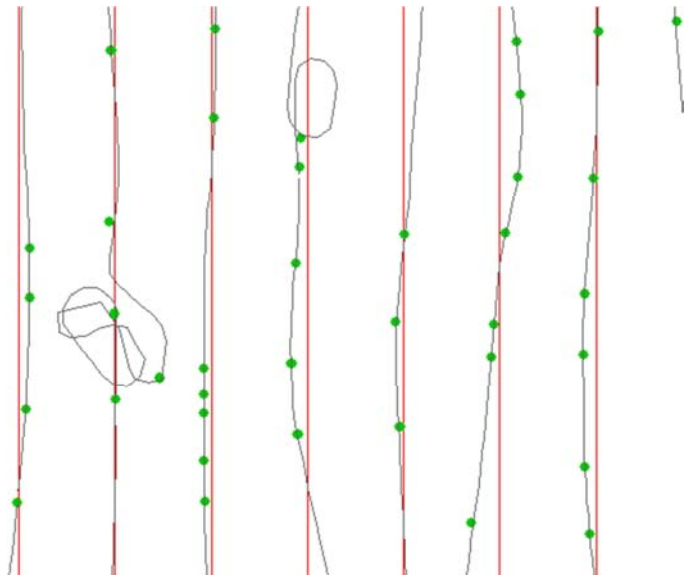
48

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



49

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



50

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



51

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



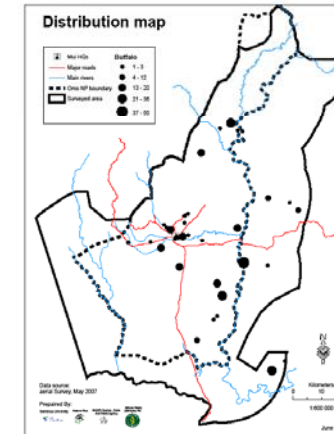
Aerial survey : Omo\_March\_2007 - Density and population estimation  
Date of calculation : 7/01/2009 13:09:14  
Transects :  
- number : 97  
- maximum number (N) : 182  
- mean length : 54.0 km  
- length coef of var : 60 %  
- mean strip width : 2 x 300.0 m  
Flight :  
- mean flight height : 100 m  
- estimated flight height : 99.1 m  
- flight height coef of var : 18 %  
- sampling rate : 39.9 %  
- surveyed area : 7852.394 sq-km  
- adjusted length : YES  
- adjusted width : YES  
- adjusted with photo counting : NO

Species	Density (/sq-km)	Estimated population	Sampling error
Baboon	0.012	92 (31-153)	66.1 %
Buffalo	0.085	671 (459-883)	31.5 %
Bushbuck	0.011	85 (60-110)	29.1 %
Bushpig	0.001	7 (3-11)	62.2 %
Cheetah	-	-	-
Colobus	0.007	57 (36-78)	37.7 %
Crocodile	0.009	67 (32-102)	53.0 %
Dik dik	0.040	314 (261-367)	17.0 %
Eland	0.243	1906 (949-2863)	50.2 %
Elephant	0.009	67 (26-108)	61.7 %
Giraffe	0.003	27 (9-45)	67.4 %

RAVT2005 - Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

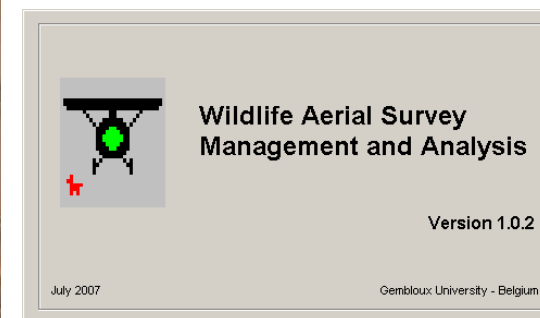
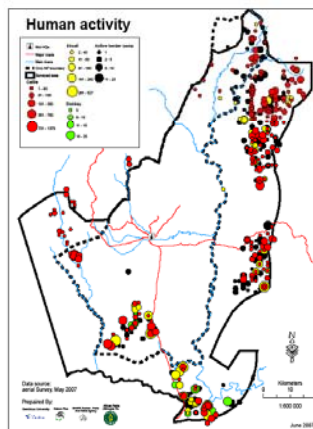
## Les inventaires : résultats Cartes

### Cartes de distribution/abondance



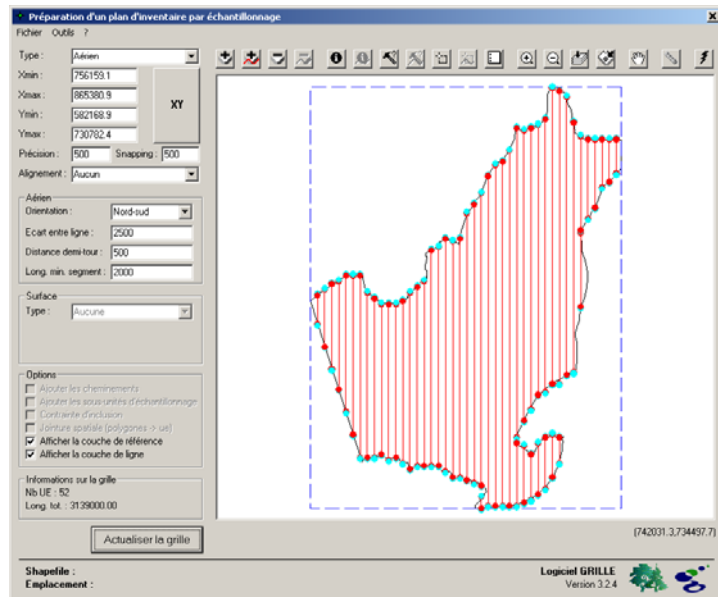
## Les inventaires : résultats Cartes

### Cartes de distribution/abondance

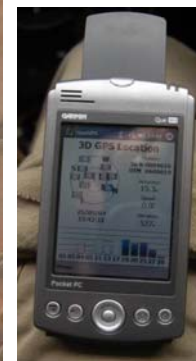


- Préparation du plan d'échantillonnage
- Saisie des données (observation et GPS)
- Encodage et prétraitement des données
- Analyse des données
- Génération de rapports et de cartes





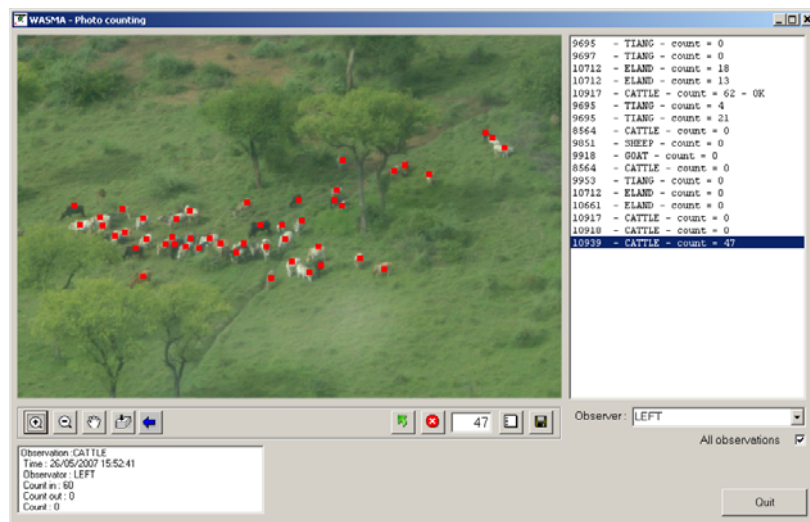
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



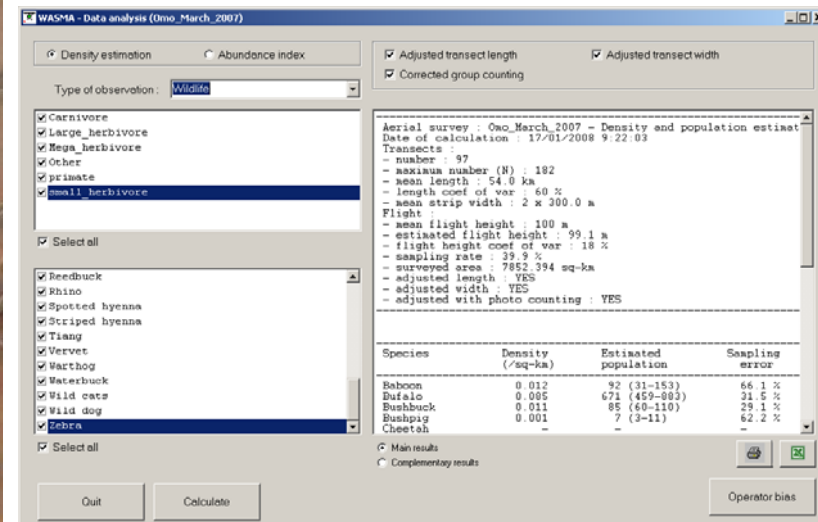
Main categories	Wildlife	Large herbivores	Feature counting
Wildlife	Mega herbivores	Buffalo	Left Right IN 7 8 9 12 4 5 6 1 2 3 0 OUT 7 8 9 4 5 6 1 2 3 0
Human activities	Large herbivores	Eland	
Carcasse	Small herbivores	Greater kudu	
Environment	Carnivores	Lesser kudu	
Altitude	Primates	Oryx	
Photos	Others wildlife	Tiang	
Wrong observation	Animal trails	Waterbuck	
		Zebra	
		Hartbeest	

Figure 2. Pocket PC interface to collect the observations and the GPS tracks during the flights.

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

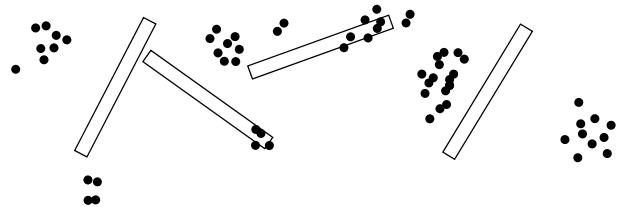


RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Dénombrements aériens

### Inconvénients de la méthode

- Peu adaptée aux populations grégaires et rares



→ Dénombrements complets

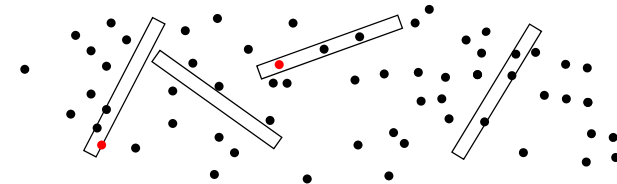
60



## Dénombrements aériens

### Inconvénients de la méthode

- Détectabilité des animaux



→ Distance sampling

61



## Dénombrements complets

### Principe

- découpage de la zone d'étude en blocs
- parcourir la zone dans son entièreté
  - dénombrements au sol (zones de petite taille)
  - dénombrements aériens
- comptage : estimation d'un effectif minimum

62



## Dénombrements complets

### Principe (dénombrements aériens)

- survol en avions à ailes hautes
- 1 pilote + 3 observateurs (1 OAV, 2OAR)
- observations positionnées au GPS
- photos pour dénombrer les groupes importants



63

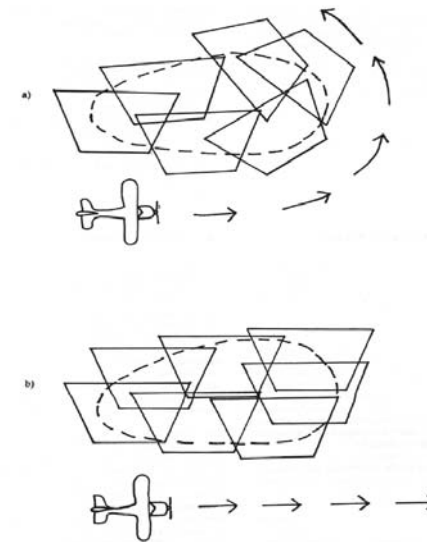


## Dénombrements complets

### Avantages (dénombrements aériens)

- pas de contrainte sur l'altitude de vol
- intervalle entre lignes de vol 0,5 à 1 km
- chevauchement de 2 km dans les blocs voisins
- traitement des données simple
- inventaire par échantillonnage : erreur parfois élevée (taux de sondage 20 %  $\Rightarrow$   $e_{\%}$  40 %)

64



65

photos pour dénombrer les groupes importants



photos pour dénombrer  
les groupes importants

66



## Dénombrements complets

### Exemple

#### - Comptage PONASI

Tableau 1. Aires protégées de l'Écosystème naturel PONASI couvertes par ce recensement

Aire protégée	Superficie km <sup>2</sup>
Parc National Po (Kaboré Tambi)	1550.00
Ranch de Gibier de Nazinga + extension	940.00
Zone de Chasse de la Sissili	345.00
Zone Villageoises de Chasse	270.00
<b>Total</b>	<b>3105.00</b>

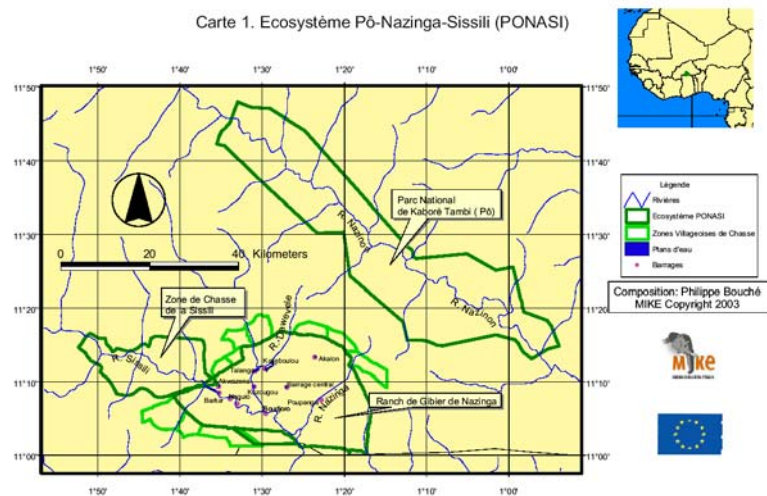
- [http://www.cites.org/fra/prog/MIKE/sub\\_reg/PONASI.pdf](http://www.cites.org/fra/prog/MIKE/sub_reg/PONASI.pdf)

67



## Projet PONASI

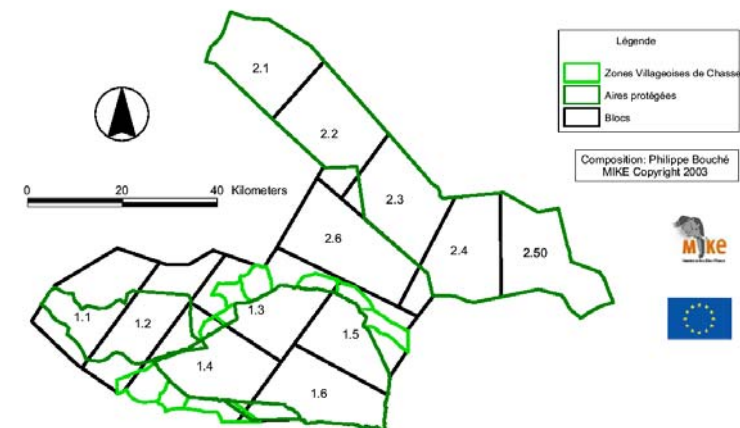
Carte 1. Ecosystème Pô-Nazinga-Sissili (PONASI)



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Projet PONASI

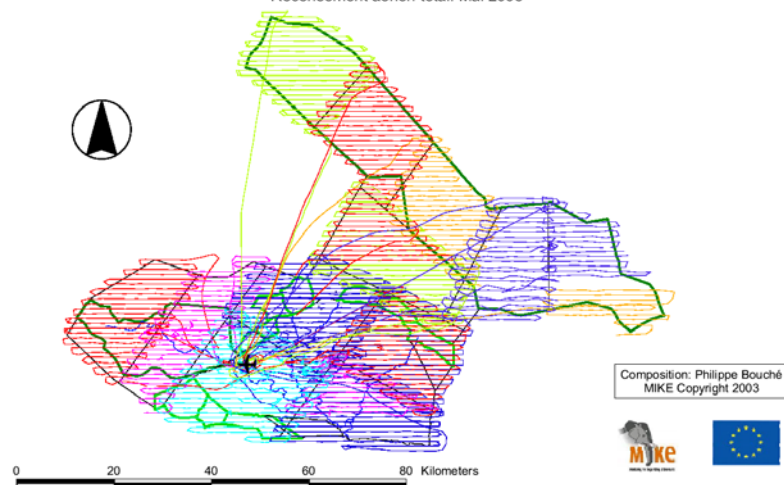
Carte 2. Blocs de comptages de l'Ecosystème PONASI  
Recensement aérien total, Mai 2003.



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Projet PONASI

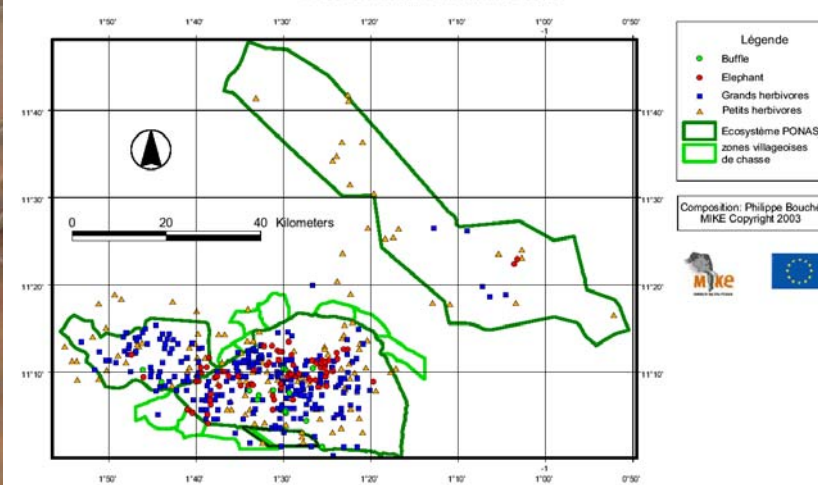
Carte 3. Lignes de vol effectuées par les avions dans l'écosystème PONASI  
Recensement aérien total, Mai 2003



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Projet PONASI

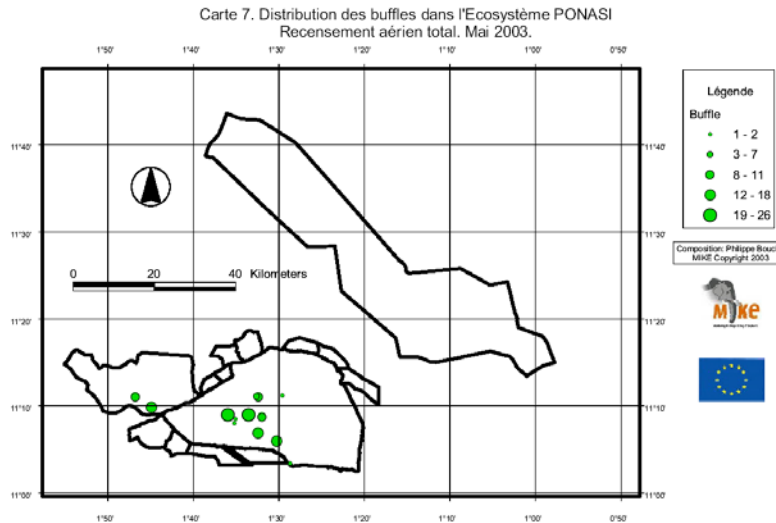
Carte 4. Distribution de la grande faune dans l'écosystème PONASI  
Recensement aérien total, Mai 2003



RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Projet PONASI



## Projet PONASI

Tableau 2. Résultats globaux du nombre d'observations, nombre d'individus, densité par rapport à la totalité de la superficie inventoriée et du nombre d'individus observés par km parcouru.

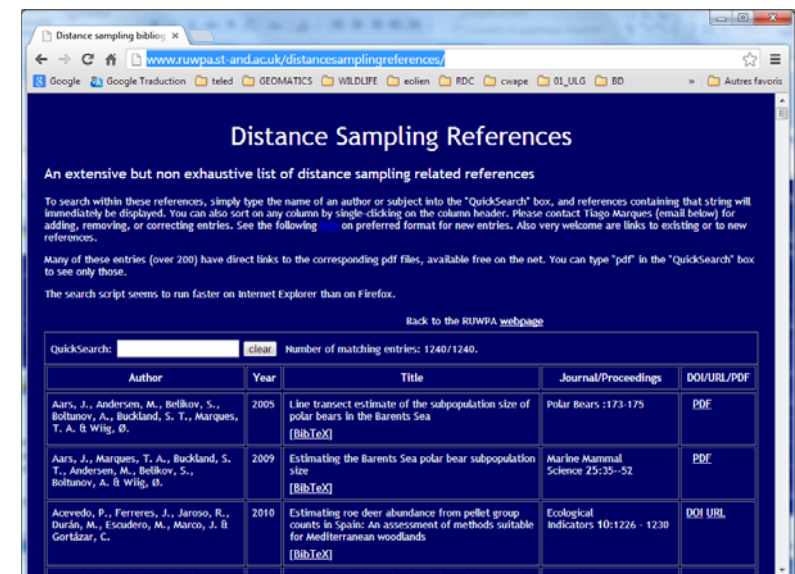
espèce	nbre obs	nbre ind	densité n/km²	nbre/km
Eléphant	81	603	0.1432	0.0990
Buffle	14	145	0.0344	0.0238
Hippotrague	145	1433	0.3404	0.2352
Bubale	99	1039	0.2468	0.1705
Waterbuck	19	101	0.0240	0.0166
Cobe de Buffon	5	14	0.0033	0.0023
Redunca	1	1	0.0002	0.0002
Guib Harnaché	14	16	0.0038	0.0026
Ourebi	28	36	0.0086	0.0059
Céphalophe de Grimm	36	37	0.0088	0.0061
Phacochère	48	168	0.0399	0.0276
Babouin	14	66	0.0157	0.0108
Patas	6	14	0.0033	0.0023
Chacal	1	1	0.0002	0.0002
	-	-	-	-
Carcasse Eléphant Fraîche	0	0	-	-
Carcasse Eléphant Récente	0	0	-	-
Carcasse Eléphant Vieille	1	1	0.0002	0.0002
Carcasse Eléphant Très Vieille	0	0	-	-
	-	-	-	-
Bovin	705	42771	10.1586	7.0194
Ovin/caprin	306	11444	2.7181	1.8781

## Distance sampling

### Introduction

- une des méthodes les plus utilisées
- relativement simple à mettre en œuvre
- nécessité de respecter les hypothèses de base
- adaptation des méthodes de dénombrement par échantillonnage
- intègre le problème de non détection de certains animaux

<http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distancesamplingreferences/>



## Distance sampling

### Principe

- comptage d'animaux le long de transects
- estimation de la distance animal - transect
- probabilité de détection  $\downarrow$  quand distance  $\uparrow$  (courbe de détection)
- estimer la probabilité de détecter les animaux dans les bandes échantillons ( $P_a$ )

76



## Distance sampling

### Données collectées

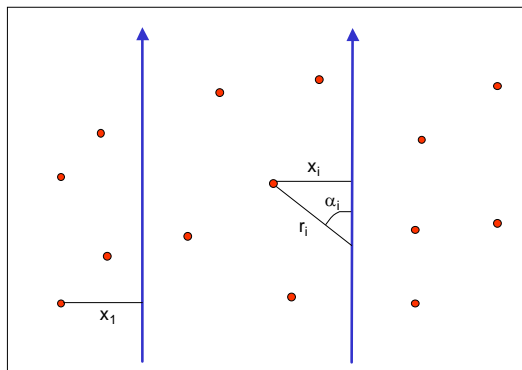
- observation d'un animal (ou d'une trace), d'un groupe d'animaux (ou de traces)
  - position de l'observateur
  - distance  $\perp$  transect – animal (ou distance oblique et angle de visée)
  - espèce (âge, sexe)
  - nombre d'animaux (si groupes)

77



## Distance sampling

### Observations

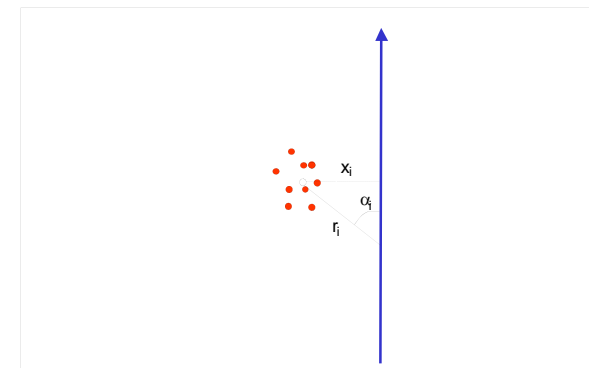


78



## Distance sampling

### Observations : cas des animaux groupés



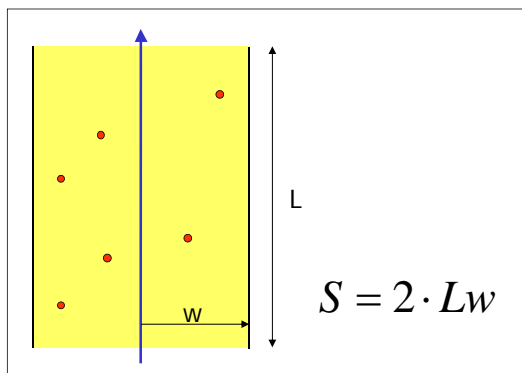
79





## Distance sampling

### Observations : zone investiguée

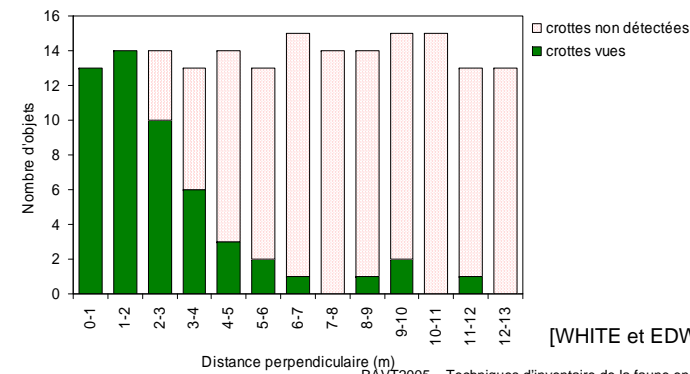


Surface échantillonnée

## Distance sampling

### Détection

- Distribution des animaux présents (vus et non vus)

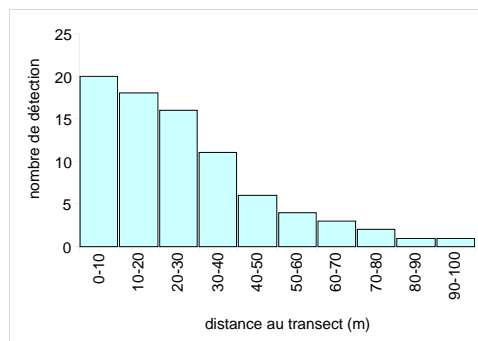


[WHITE et EDWARDS, 2000]

## Distance sampling

### Détection

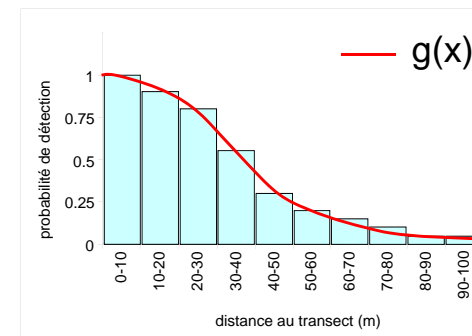
- Distribution des animaux détectés depuis le transect



## Distance sampling

### Courbe de détection

- $g(x)$  : monotone décroissante
- $g(0) = 1$  !!!

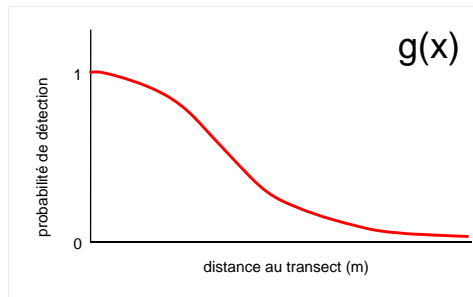


## Distance sampling

Effectif observé → effectif total

$$N = \frac{n}{P_a}$$

N : effectif dans la bande  
n : nombre d'observations dans la bande  
P<sub>a</sub> : probabilité d'observation



84

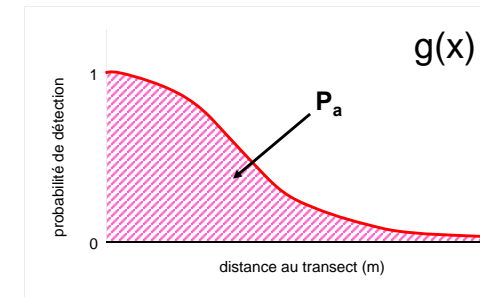
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

Courbe de détection → proba de détection

$$P_a = \frac{1}{w} \cdot \int_0^w g(x) \cdot dx$$



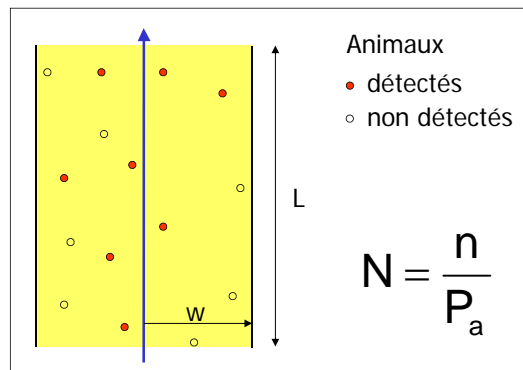
85

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

Effectif observé → effectif total



86

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

Courbe de détection → densité population

$$\hat{D} = \frac{N}{S} = \frac{n}{2 \cdot Lw \cdot P_a}$$

$$N = \hat{D} \cdot S$$

D : densité de la population  
S : surface de la bande d'obs.  
L : longueur de la bande d'obs.  
w : demi largeur de la bande d'obs.

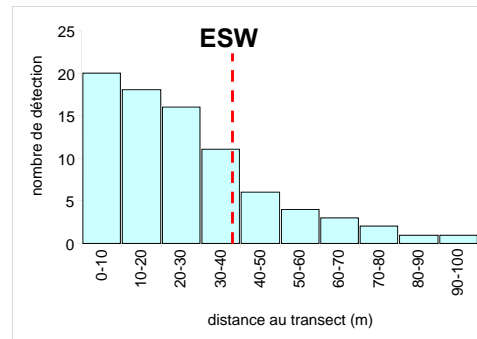
87

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

**ESW : effective strip width  
(largeur de bande effective)**



$$ESW = w \cdot P_a$$

88



## Distance sampling

### Hypothèses de travail

1. Tous les animaux présents sur le transect sont détectés :  $g(0) = 1$
2. Les animaux sont détectés à leur position initiale
3. Les distances sont estimées avec précision
4. Les détections sont indépendantes

89



## Distance sampling

### Hypothèses de travail

1. Tous les animaux présents sur le transect sont détectés :  $g(0) = 1$ 
  - ✓ Hypothèse la plus importante
  - ✓ 1 opérateur surveille la ligne de marche (transect)

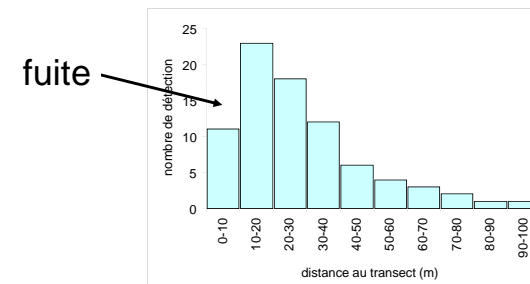
90



## Distance sampling

### Hypothèses de travail

2. Animaux localisés à leur position initiale
  - ✓ Fuite avant détection : décelable sur l'histogramme



91



## Distance sampling

### Hypothèses de travail

#### 3. Distances mesurées avec précision

- ✓ Erreurs systématiques : « heaping »  
tendance à arrondir à des valeurs plus  
« commodes » (distances faibles arrondies  
à 0 si transect mal défini sur le terrain)  
→ modélisation moins précise

92



## Distance sampling

### Hypothèses de travail

#### 4. Détections indépendantes

- ✓ La détection d'un animal n'entraîne pas la  
détection d'un autre animal
- ✓ Apparaît surtout dans le cas d'animaux vivant  
en groupes  
→ estimer la densité des groupes, ainsi que la  
taille moyenne des groupes

93



## Distance sampling

### Contraintes de travail

- nombre minimum d'observations (contacts) : **40 – 60**.  
Implique un effort d'échantillonnage adapté (nbre  
transects, intervalle entre 1,3 à 2 km).
- 10 à 20 équipes de 3 personnes (1 chef et 2 obs.)
- Réseau de piste assez dense (0,6 km/km<sup>2</sup>) pour déposer  
et récupérer les équipes plus la logistique et intendance
- Vitesse de marche max 3 km/h contre le vent
- Transect de 12 km max réalisé en max 4h le matin avant  
heures chaudes. Réseau de piste adapté.

94



## Distance sampling

### Regroupement en classes

- Camouflage de phénomène de fuite ou  
de heaping
- Minimum 5 classes (ajustement du modèle)
- Eviter de regrouper sur le terrain

A	B
N° transect	Distance (m)
1	7
1	9
1	16
1	34
1	3
1	22
1	6

D	E
N° transect	Classe de distance (m)
1	5-10
1	5-10
1	15-20
1	30-35
1	0-4
1	20-24
1	5-10

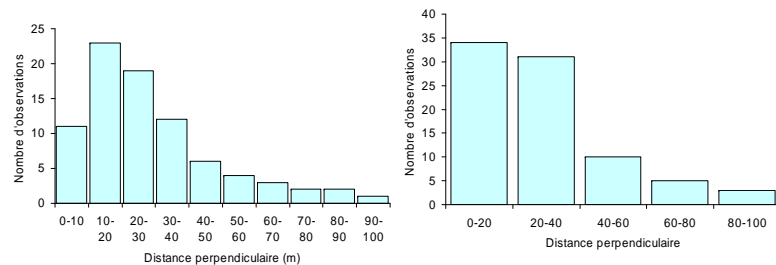
95



## Distance sampling

### Phénomène de fuite

- Corriger par regroupement de classes de distance (minimum 5 classes)



96

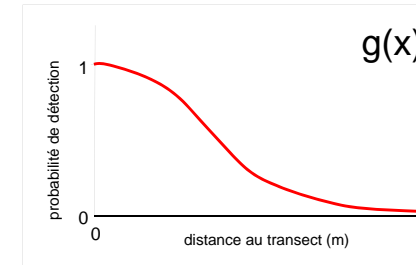
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

- Estimer la forme de  $g(x)$



$$\hat{D} = \frac{N}{S} = \frac{n}{2 \cdot Lw \cdot P_a}$$

$$P_a = \frac{1}{w} \cdot \int_0^w g(x) \cdot dx$$

97

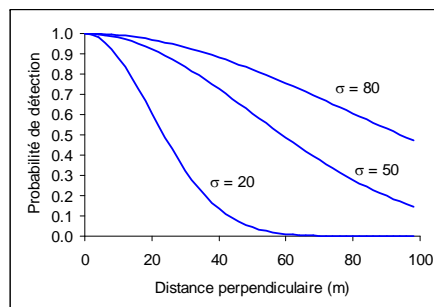
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

- Exemple : fonction semi-normale



$$g(x) = \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$$

1 seul paramètre  
à estimer

98

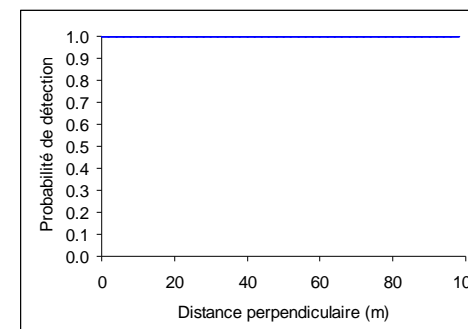
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

- Exemple : fonction uniforme



$$g(x) = 1$$

99

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

#### - Fonction clé + développement en série

Nom	Formule	Nom	Formule
Uniforme	1	Cosinus	$\sum_{j=1}^m a_j \cos\left(\frac{j\pi x}{w}\right)$
	1	Polynôme simple	$\sum_{j=1}^m a_j \left(\frac{x}{w}\right)^{2j}$
Semi-normale	$\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$	Polynôme de Hermite	$\sum_{j=1}^m a_j H_{2j}(x_s)$ avec $x_s = x/\sigma$
	$\exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right)$	Cosinus	$\sum_{j=1}^m a_j \cos\left(\frac{j\pi x}{w}\right)$

$$\text{clé}(x) \cdot [1 + \text{série}(x)]$$

## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

#### - Propriétés d'un bon modèle

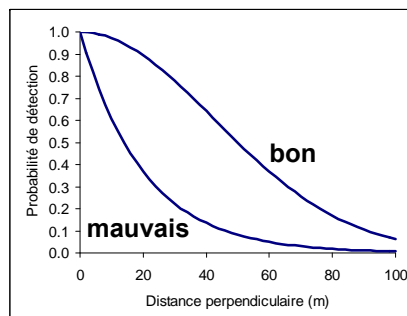
- ✓ la robustesse  
capacité du modèle à prendre une grande diversité de forme

## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

#### - Propriétés d'un bon modèle

- ✓ la forme



On suppose que la fonction présente un plateau à proximité du transect

## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

#### - Propriétés d'un bon modèle

- ✓ l'efficacité  
compromis entre précision de l'estimation et simplicité du modèle (faible nombre de paramètres)



## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

- Qualité et simplicité du modèle
  - ✓ AIC (Akaike Information Criteria)

$$AIC = -2 \cdot \log(L) + 2 \cdot q$$

Qualité de l'ajustement      Nombre de paramètres du modèle

Si AIC ↓, le modèle est meilleur  
(valeur relative d'un modèle)

104

## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

- Qualité d'ajustement du modèle
  - ✓ Test  $\chi^2$  « goodness of fit » (GOF)

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^u \frac{(O_i - T_i)^2}{T_i}$$

u : nombre de classes  
O<sub>i</sub> : effectif observé  
T<sub>i</sub> : effectif estimé

Caractérise la valeur absolue d'un modèle

105

## Distance sampling

### Modélisation avec le logiciel DISTANCE

- Principe de base
  - ✓ Utilisation de fonctions clés de base
    - fonction uniforme
    - fonction semi-normale
 → ajustement d'un premier modèle
  - ✓ Si nécessaire, amélioration du modèle par ajout de termes supplémentaires (dév. en série)
    - différents types de série

106

## Distance sampling

### Modélisation de la fonction de détection

- Logiciel DISTANCE
  - ✓ Gestion, conception et analyse d'inventaires utilisant la méthode « distance sampling »
  - ✓ Conçu par les concepteurs de la méthode
  - ✓ <http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/>
  - ✓ Freeware



107

## Logiciel Distance

### Préparation des données

- Importation depuis Excel (fichier txt)
- Tous les transects doivent être présents dans le jeu de données

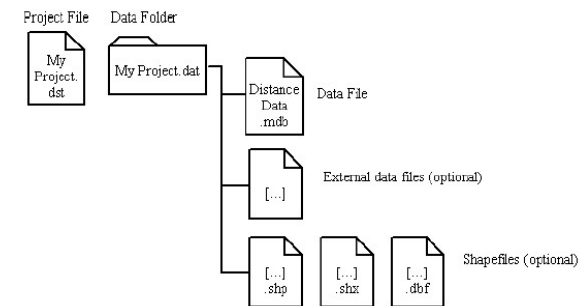
	A	B	C	D	E	F	G
1	surface	inventaire	transect	longueur	espèce	effectif	distance
2	234.5	1	2	10347	water	1	26.2
3	234.5	1	4	10608	water	5	8.4
4	234.5	1	4	10608	water	1	54.0
5	234.5	1	4	10608	water	4	11.1
6	234.5	1	5	11716	water	4	39.5
7	234.5	1	5	11716	water	2	21.6
8	234.5	1	5	11716	water	1	61.0
9	234.5	1	5	11716	water	5	63.1
10	234.5	1	6	12342	water	9	83.6
11	234.5	1	6	12342	water	1	144.2

108

## Logiciel Distance

### Préparation des données

- Création d'un projet dans Distance
- 1 fichier + 1 BD

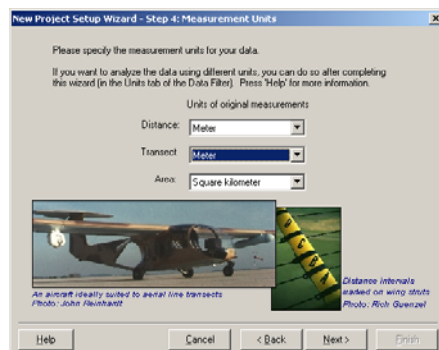


109

## Logiciel Distance

### Préparation des données

- Définir correctement les unités (distance, longueur, surface)

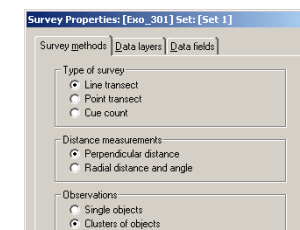


110

## Logiciel Distance

### Préparation des données

- Définir les paramètres du dispositif (survey)
  - ✓ Line transect
  - ✓ Distance perpendiculaire
  - ✓ Groupes d'animaux



Paramètres généralement définis lors de la création du projet

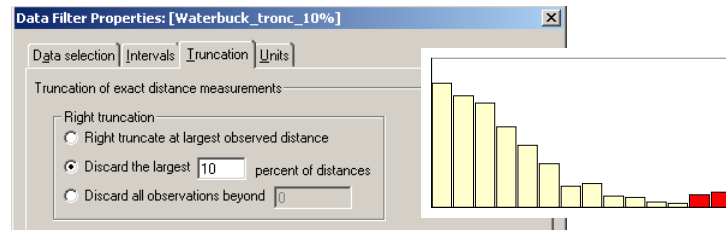
111

# Logiciel Distance

## Préparation des données

### - Filtre de données

- ✓ Appliqué après une 1ère analyse des données
- ✓ retirer les observations les + éloignées



112

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Logiciel Distance

## Choix du modèle à ajuster

### - Fonction clé

### - Type de développement

Key function	Series expansion
Uniform	Cosine
Uniform	Cosine
Half-normal	Simple polynomial
Hazard-rate	Hermite polynomial
Negative exponential	

113

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Logiciel Distance

## Dépouillement des résultats d'analyse

```

Model 2
Uniform key, k(y) = 1/W
Cosine adjustments of order(s) : 1
Results:
Convergence was achieved with 14 function evaluations.
Final Ln(likelihood) value = -287.53907
Akaike information criterion = 577.07812
Bayesian information criterion = 579.17249
AICc = 577.14709
Final parameter values: 0.81426607

Likelihood ratio test between models 1 and 2
Likelihood ratio test value = 21.4660
Probability of a greater value = 0.000004
*** Model 2 selected over model 1 based on minimum AIC

Model 3
Uniform key, k(y) = 1/W
Cosine adjustments of order(s) : 1, 2
Results:
Convergence was achieved with 22 function evaluations.
Final Ln(likelihood) value = -287.46011
Akaike information criterion = 578.92023
Bayesian information criterion = 583.10889
AICc = 579.13074
Final parameter values: 0.77550616 -0.63567274E-01

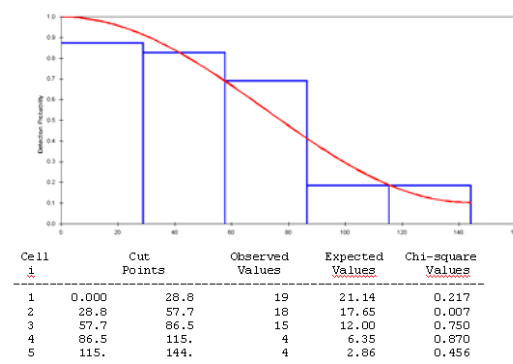
Likelihood ratio test between models 2 and 3
Likelihood ratio test value = 0.1579
Probability of a greater value = 0.691079
*** Model 2 selected over model 3 based on minimum AIC
    
```

114

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Logiciel Distance

## Dépouillement des résultats d'analyse



Test d'ajustement  $\chi^2$

Total Chi-square value = 2.2993 Degrees of Freedom = 3.00  
Probability of a greater chi-square value, P = 0.51265

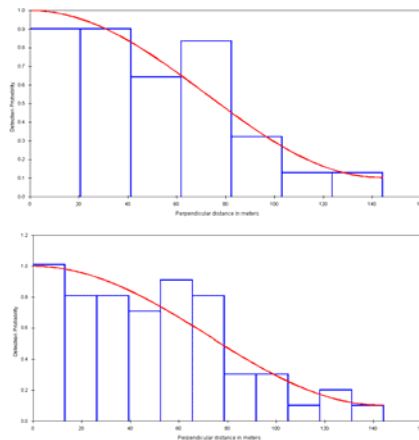
The program has limited capability for pooling. The user should judge the necessity for pooling and if necessary, do pooling by hand.

115

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Logiciel Distance

## Dépouillement des résultats d'analyse



Test d'ajustement  $\chi^2$   
réalisé avec différents  
nombres de classes\*

\* l'ajustement du modèle est réalisé sur les valeurs non regroupées  
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

116

# Logiciel Distance

## Estimation de la taille moyenne des groupes

Expected cluster size estimated based on regression of:  $\log(s(i))$  on  $g(x(i))$

### Regression Estimates

Slope	=	-0.328510	Std error	=	0.484919
Intercept	=	1.39285	Std error	=	0.372774
Correlation	=	-0.0886	Students-t	=	-0.677453
Df	=	58	Pr (T < t)	=	0.250406

Expected cluster size = 4.6075      Standard error = 0.69267

Mean cluster size = 4.9333      Standard error = 0.70505

Test p-value greater than specified significance level= 0.150  
Average cluster size will be used.

117

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Logiciel Distance

## Synthèse des résultats

Effort	:	536120.0
# samples	:	40
Width	:	144.2000
# observations	:	60

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

Parameter	Point Estimate	Standard Error	Percent of Variation	95% Percent Confidence Interval
f(0)	0.12582E-01	0.84884E-03	6.75	0.10994E-01 0.14398E-01
p	0.55119	0.37187E-01	6.75	0.48165 0.63076
ESW	79.481	5.3624	6.75	69.455 90.955
n/L	0.11192E-03	0.22543E-04	20.14	0.74929E-04 0.16716E-03
DS	0.70404	0.14956	21.24	0.46230 1.0722
E(s)	4.6075	0.69267	15.03	3.4159 6.2148
D	3.2438	0.84419	26.02	1.9525 5.3893
N	761.00	198.05	26.02	458.00 1264.0

Measurement Units	
Density:	Numbers/Sq. kilometers
ESW:	meters

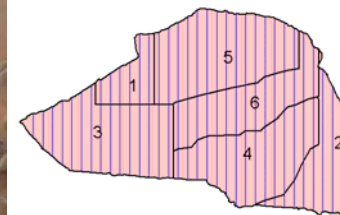
Component Percentages of Var(D)	
Detection probability	: 6.7
Encounter rate	: 59.9
Cluster size	: 33.4

118

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Distance sampling

## Exemple : dénombrement sur le ranch de Nazinga



### Paramètres techniques

Découpage en 6 blocs sur base des pistes principales. La longueur de transects par bloc est telle qu'un bloc correspond à une journée de travail pour l'ensemble de l'équipe.

Equipe : 15 groupes de 3 personnes.

Transects installés selon une direction Nord-Sud

Matérialisation sur le terrain (Panneaux)

Distance entre transects : 1400 m

### Collecte des données

Durée : 6 jours (entre le lever du soleil et l'apparition des fortes chaleurs)

1 chef d'équipe : progression le long des transects (boussole) + feuille de terrain.

2 observateurs effectuent les repérages et assurent la protection de l'équipe.

119

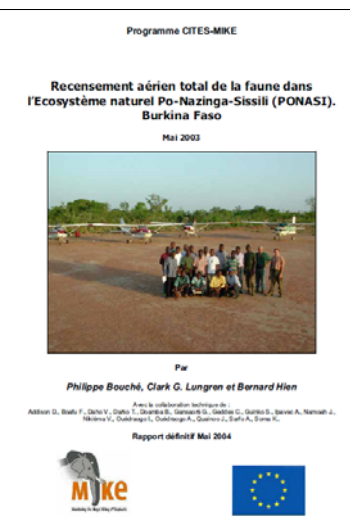
RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

# Autres méthodes

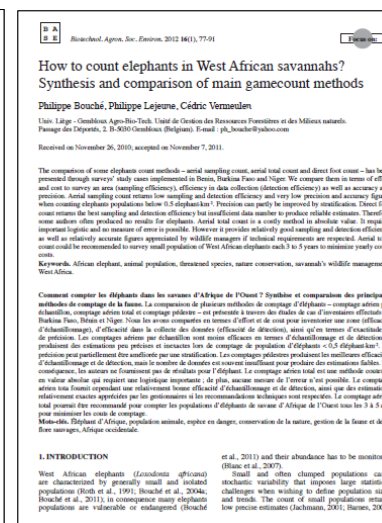
## Principe

- Basées sur les captures et/ou les prélèvements
- Méthodes beaucoup plus lourdes (utilisées pour la recherche)
- Hypothèses beaucoup plus fortes (population fermée)
- Méthode de capture-marquage-recapture
- Méthode de changement de ratio
- Méthode de l'effort de chasse
- Comparaison de deux indices

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical



ponasi.pdf



Bouche\_2012.pdf

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

## Has the final countdown to wildlife extinction in Northern Central African Republic begun?

Philippe Bouché<sup>1,3\*</sup>, Pierre-Cyril Renaud<sup>2,3</sup>, Philippe Lejeune<sup>3</sup>, Cédric Vermeulen<sup>3</sup>, Jean-Marc Froment<sup>4</sup>, Alfred Bangara<sup>5</sup>, Okdefort Fionga<sup>6</sup>, Antoine Abdoulaye<sup>1</sup>, Raymond Abakar<sup>7</sup> and Mike Fay<sup>8</sup>

<sup>1</sup>Compagnie ZCV Programme ECOVAC RI, BP 1608, Bangui, Central African Republic; <sup>2</sup>Laboratoire LEESSA groupe écologie et conservation, UFR Sciences, Campus de Belle-Belle, Université d'Angers, Bd Lavoisier, 2, F-49045 Angers, France; <sup>3</sup>Unité de gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Passage des Déportés, 2, B-50 30 Gembloux, Belgium; <sup>4</sup>African Parks Network, PO Box 2336, Londolozi 2062, Serengeti, South Africa; <sup>5</sup>LACCEG, Département de Géographie, Faculté des Lettres et Sciences Humaines, Université de Bangui, BP 1037, Bangui, Central African Republic; <sup>6</sup>Compagnie Forêt de Ngazou Programme ECOVAC RI, BP 1608, Bangui, Central African Republic; <sup>7</sup>Ngambé Sédit c/o BP 1608 Bangui, Central African Republic and <sup>8</sup>WCS International Conservation, 2300 Southern Boulevard, NY 10460-1099, U.S.A.

### Abstract

The wildlife populations of Northern Central African Republic experienced precipitous declines during the 1970s and 1980s. While anecdotes coming out of the region indicate that the wildlife populations remain under serious threat, little is known about their status. An aerial sample count was carried out in the Northern Central African Republic at the end of the dry season in June 2005 and covered an 85,000 km<sup>2</sup> complex landscape

**Key words:** aerial survey, illegal bushmeat trade, illegal ivory trade, Northern Central African Republic, wildlife decline, wildlife population trend

### Résumé

Les populations de faune du Nord de la République centrafricaine subissent un déclin rapide depuis les années 1970 et 1980. Alors que des anecdotes en provenance de la région indiquent que les populations de faune sont

Bouche\_2009.pdf

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical

OPEN ACCESS Freely available online

## Will Elephants Soon Disappear from West African Savannahs?

Philippe Bouché<sup>1\*</sup>, Iain Douglas-Hamilton<sup>2,5</sup>, George Wittemyer<sup>2,3</sup>, Aimé J. Nianogo<sup>4</sup>, Jean-Louis Doucet<sup>1</sup>, Philippe Lejeune<sup>1</sup>, Cédric Vermeulen<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Unité de Gestion des Ressources Forestières et des Milieux Naturels, Université de Liège Gembloux Agro-Bio Tech, Gembloux, Belgium; <sup>2</sup>Sav. The Elephants, Nairobi, Kenya; <sup>3</sup>Department of Fish, Wildlife and Conservation Biology, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, United States of America; <sup>4</sup>Programme pour l'Afrique Centrale et Occidentale (PACO), International Union for Conservation of Nature (IUCN), Ouagadougou, Burkina Faso; <sup>5</sup>Department of Zoology, Oxford University, Oxford, United Kingdom

### Abstract

Precipitous declines in Africa's native fauna and flora are recognized, but few comprehensive records of these changes have been compiled. Here we present population trends for African elephants in the 6,213,000 km<sup>2</sup> Sudano-Sahelian range of West and Central Africa assessed through the analysis of aerial and ground surveys conducted over the past 4 decades. These surveys are focused on the best protected areas in the region, and therefore represent the best case scenario for the northern savanna elephants. A minimum of 7,745 elephants currently inhabit the entire region, representing a minimum decline of 50% from estimates four decades ago for these protected areas. Most of the historic range is now devoid of elephants and therefore, was not surveyed. Of the 23 surveyed elephant populations, half are estimated to number less than 200 individuals. Historically, most populations numbering less than 200 individuals in the region were extirpated within a few decades. Declines differed by region, with Central African populations experiencing much higher declines (~76%) than those in West Africa (~33%). As a result, elephants in West Africa now account for 86% of the total surveyed. Range wide, two refuge zones retain elephants, one in West and the other in Central Africa. These zones are separated by a large distance (~900 km) of high density human land use, suggesting connectivity between the regions is permanently cut. Within each zone, however, sporadic contacts between populations remain. Retaining such connectivity should be a high priority for conservation of elephants in this region. Specific corridors designed to reduce the isolation of the surveyed populations are proposed. The strong commitment of governments, effective law enforcement to control the illegal ivory trade and the involvement of local communities and private partners are all critical to securing the future of elephants inhabiting Africa's northern savannahs.

**Citation:** Bouché P, Douglas-Hamilton I, Wittemyer G, Nianogo AJ, Doucet JL, et al. (2011) Will Elephants Soon Disappear from West African Savannahs? PLoS ONE 6(6): e20619. doi:10.1371/journal.pone.0020619

**Editor:** Brian Gratwicke, Smithsonian's National Zoological Park, United States of America

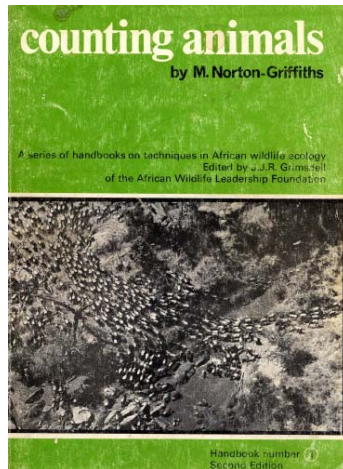
**Received:** October 20, 2010; **Accepted:** May 9, 2011; **Published:** June 23, 2011

**Copyright:** © 2011 Bouché et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.

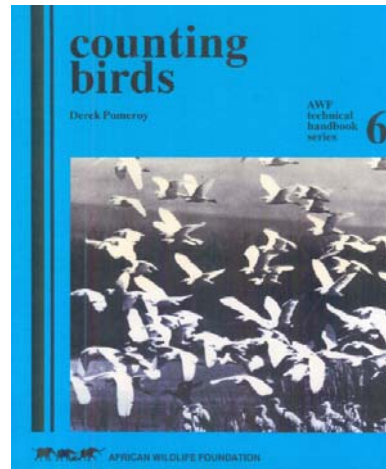
Bouche\_2011.pdf

RAVT2005 – Techniques d'inventaire de la faune en milieu tropical





AWF\_1\_counting\_animals.pdf



AWF\_6\_CountingBirds.pdf

## Références bibliographiques

- Barnes R. F. W. (1996) Estimation de l'abondance des éléphants de forêts par le comptage des excréments. 42-53 in Kangwana K. (ed.) *L'étude des éléphants*. Série des manuels techniques n° 7. African Wildlife Foundation. Nairobi 190 p
- Barnes, R.F.W. (2001). How reliable are dung counts for estimating elephant numbers? *Afr. J. Ecol.* 39: 1–9.
- Boone et al. (2005). Biodiversity Inventory: Approaches, Analysis, and Synthesis. Technical Report NPS/NER/NRTR--2005/015. 54p.
- Cassey P., McArdle B.H. (1999). An assessment of distance sampling techniques for estimating animal abundance. *Environmetrics*, 10: 261 - 278
- Douglas-Hamilton I. 1996. Comptage des éléphants par l'air. Comptages totaux. 31-41. in Kangwana K. (ed.) (1996) *L'étude des éléphants*. Série des manuels techniques AWF n° 7. African Wildlife Foundation. Nairobi. 190 p
- Jachmann H. 2001. *Estimating Abundance of African Wildlife : An Aid to Adaptive Management*. Kluwer Academic Publishers. Boston Dordrecht London 285pp

## Références bibliographiques

- Khaemba W.M. et al. (2002). Empirically simulated study to compare and validate sampling methods used in aerial surveys of wildlife populations. *Afr. J. Ecol.* 39:374-382.
- Khül et al. (2008) Lignes directrices pour de meilleures pratiques en matière d'inventaire et de suivi des populations de grands singes. Document occasionel de la Commission de sauvegarde des espèces de l'UICN, 40p.
- Laing S. et al. (2003). Dung and nest surveys: estimating decay rates. *Journal of Applied Ecology* 40, 1102–1111.
- Michel J.F. (2000). Les dénombrements d'animaux domestiques, une revue. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 2000, 53 (1) : 55-66
- Mozambique Wildlife Management Serie (2004) *Counting Wildlife Manual*. WWF-Southern Africa Regional Programme Office (SARPO), 52 p.
- Norton-Griffiths M. (1978) Counting animals. 2nd edition. Handbook no 1. African Wildlife Foundation. Nairobi. 139 p.

## Références bibliographiques

- Ogutu J.O., Dublin H.T. (1998). The response of lions and spotted hyaenas to sound playbacks as a technique for estimating population size. *Afr. J. Ecol.* 1998, Volume 36, pages 83–95.
- Ottichilo W.K. (1999). Comparison of sample and total counts of elephant and buffalo in Masai Mara, Kenya. *Afr. J. Ecol.* 1999, Volume 37, pages 435–438.
- Pearse A.T et al. (2007). Comparison of sampling strategies to estimate abundance of double-crested cormorants in western Mississippi. *Human–Wildlife Conflicts* 1(1):27–34.
- Pennycuik C. J. 1973  
The shadowmeter : a simple device for controlling an aircraft's height above the ground. *E. Afr. Wildl. J.* 11 (1), 109-112
- Pennycuik C. J. & Western D. 1972  
An investigation of some source of bias in aerial transect sampling of large mammal populations. *E. Afr. Wildl. J.* 10 (1), 175-191



## Références bibliographiques

- Pennycuik C. J., Sale J. B., Stanley Price M. & Jolly G. M. 1977  
Aerial systematic sampling applied to censuses of large mammal populations in Kenya. *E.Afr. Wildl. J.* 15, 139-146
- Ranger-based data collection (2006). A reference guide and training manual for protected area staff in Cambodia. Ministry of Environment, Department of Nature, Conservation and Protection, World Bank, Global Environment Facility. 52p.
- Redfern J.V et al. (2002). Biases in estimating population size from an aerial census: a case study in the Kruger National Park. *South African Journal of Science* (98) 455-461.
- Takenoshita Y., Yamagiwa J. (2008). Estimating gorilla abundance by dung count in the northern part of Moukalaba-Doudou National Park, Gabon. *African Study Monographs, Suppl.39*: 41-54.
- Thomas L. et al. (2002). Distance sampling. In *Encyclopedia of Environmetrics*, Volume 1, pp 544–552.