

Méthodes d'analyse des communautés animales : Estimation des densités d'ongulés par la méthode *Camera trap distance sampling*



Dr. Simon Lhoest

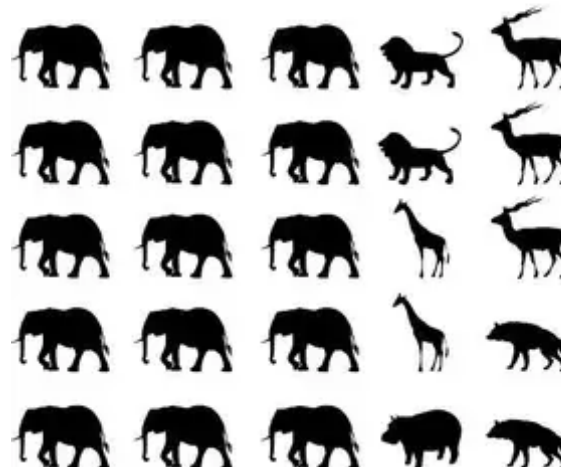


Analyse et interprétation des données

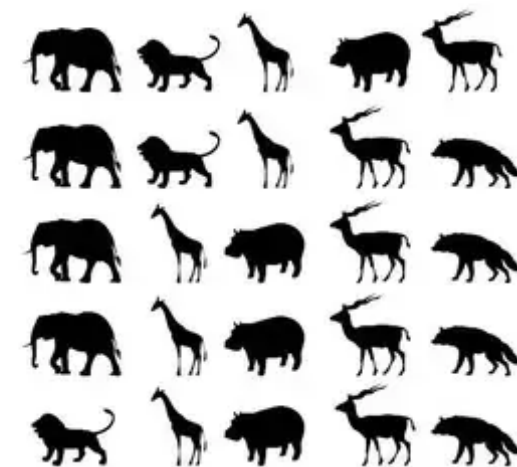
Les communautés animales peuvent être caractérisées par trois éléments :

- **Richesse spécifique** (nombre total d'espèces différentes présentes dans une communauté animale donnée)
- **Abondance** de chaque espèce (quantité relative de chaque espèce présente dans une communauté animale donnée)
- **Composition** de la communauté (liste des espèces présentes dans une communauté animale donnée, structure et interactions)

Community 1



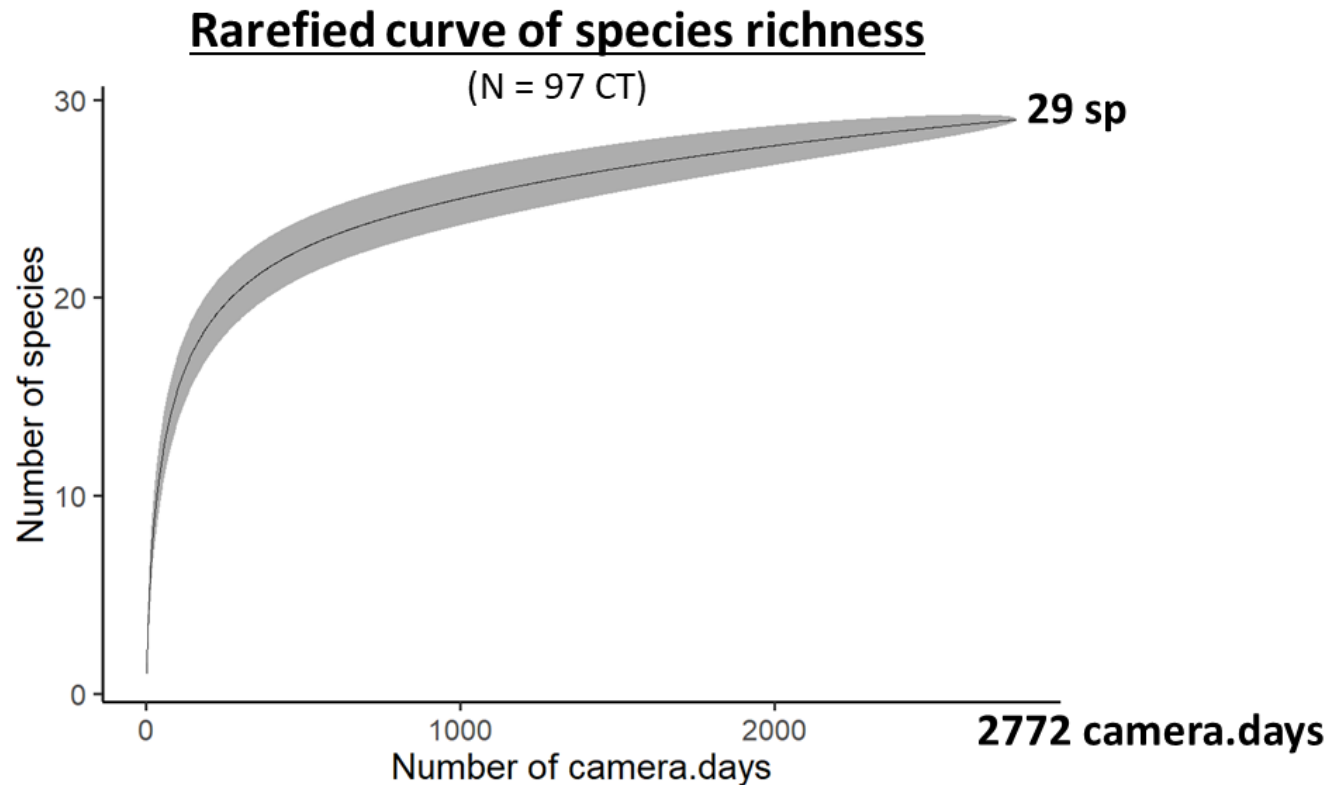
Community 2



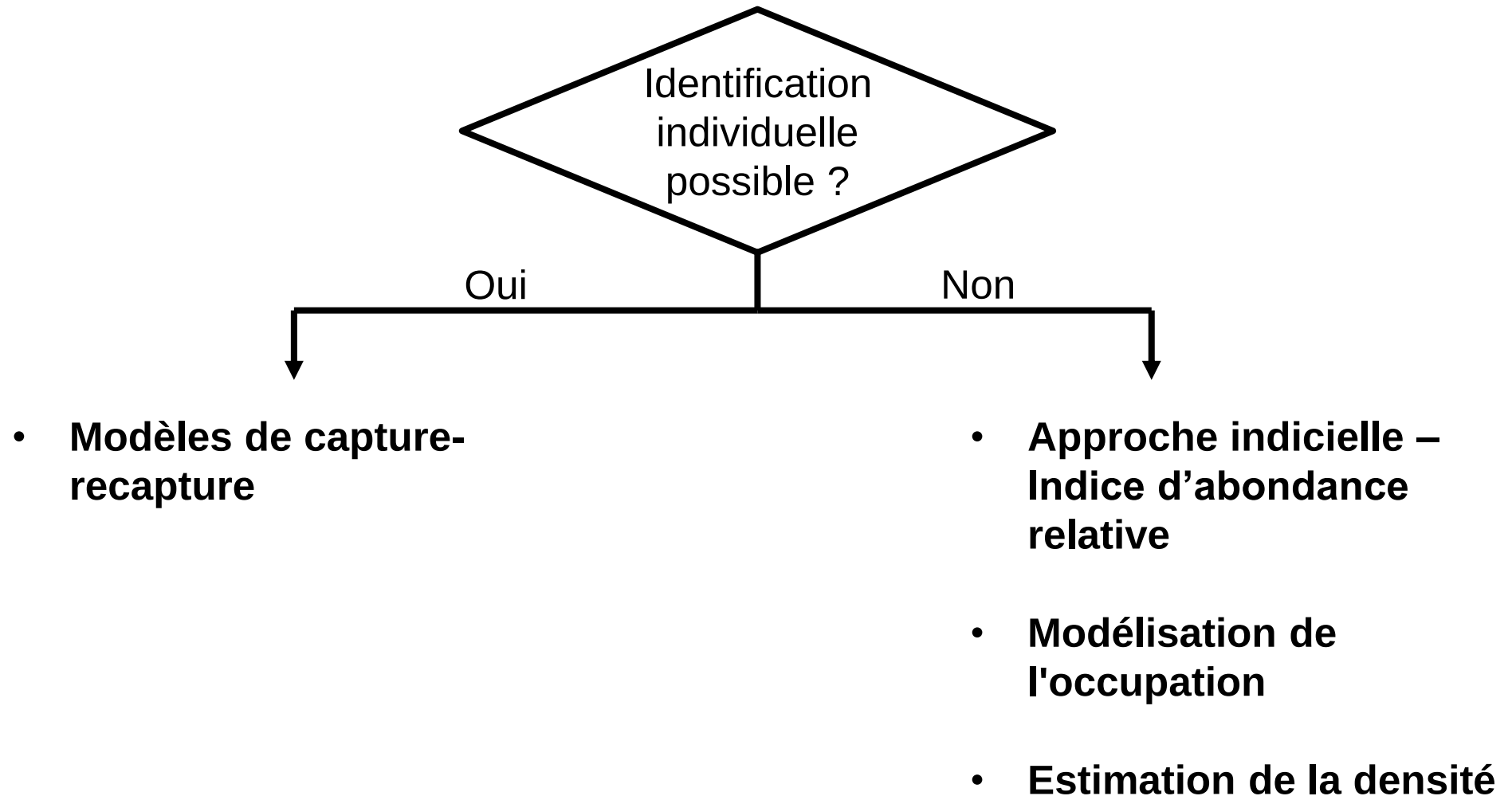
Richesse spécifique

Effort d'échantillonnage : nombre de jours d'inventaire cumulé
= somme des durées de présence de toutes les caméras (unité : caméra.jour)

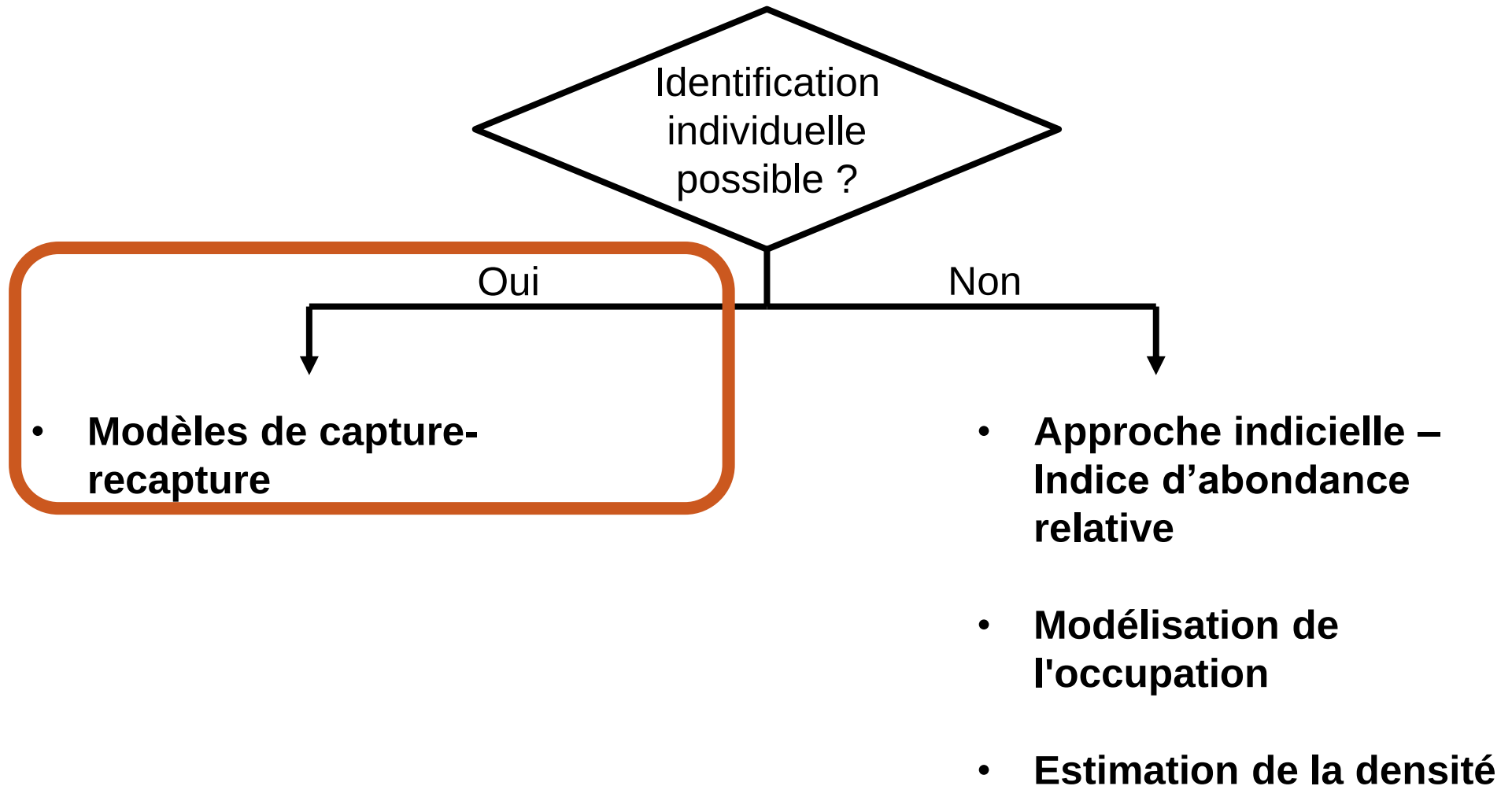
- **Seuil de 1000 caméra.jours**
par grille considéré comme
suffisant pour détecter les
espèces rares (mais pas les
plus rares) (O'Brien et al.,
2010 ; Tobler et al., 2008)
- **Courbe de raréfaction** de la
richesse en espèces en
fonction de l'effort
d'échantillonnage : avoir un
plateau est un indicateur d'un
effort d'échantillonnage
satisfaisant



Abondance



Abondance



Abondance

Modèles de capture-recapture (CR)

Principe :

- Pour les espèces dont les **individus** peuvent être **distingués** (poils ou marques reconnaissable : grands félins par exemple)
- Capture d'**au moins 5 à 10 individus** (Karanth et Nichols, 1998)

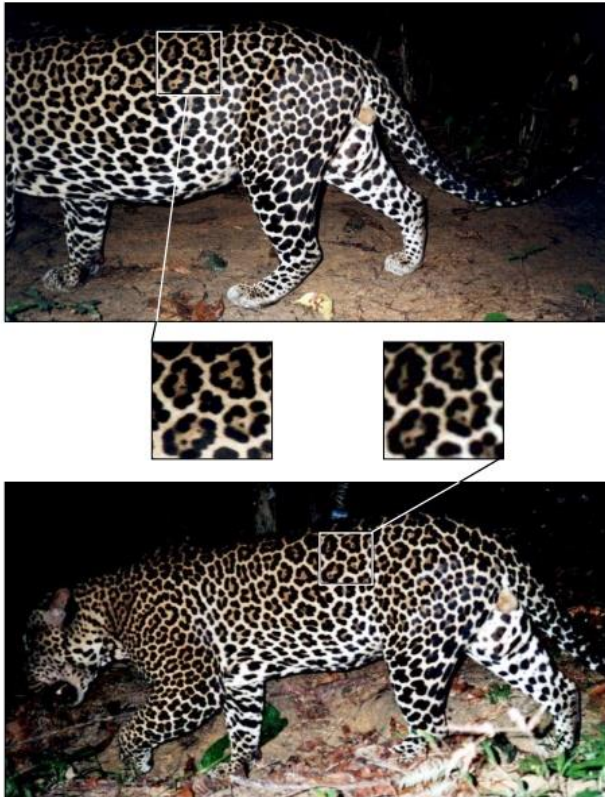
Avantages et limites :

- **Méthode la plus précise** pour mesurer l'abondance des espèces
- Prend en compte les individus qui peuvent être présents dans la zone d'étude mais qui n'ont jamais été réellement détectés

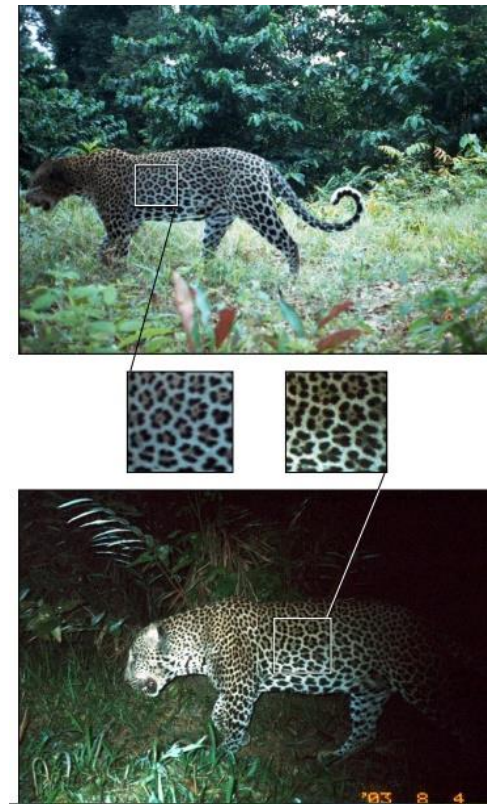
→ **Modèles spatiaux de CR** : intégration du mouvement spatial de l'espèce à l'intérieur et à l'extérieur de la grille d'échantillonnage pour l'estimation de densité (Efford, 2004)

Abondance

Modèles de capture-recapture (CR)

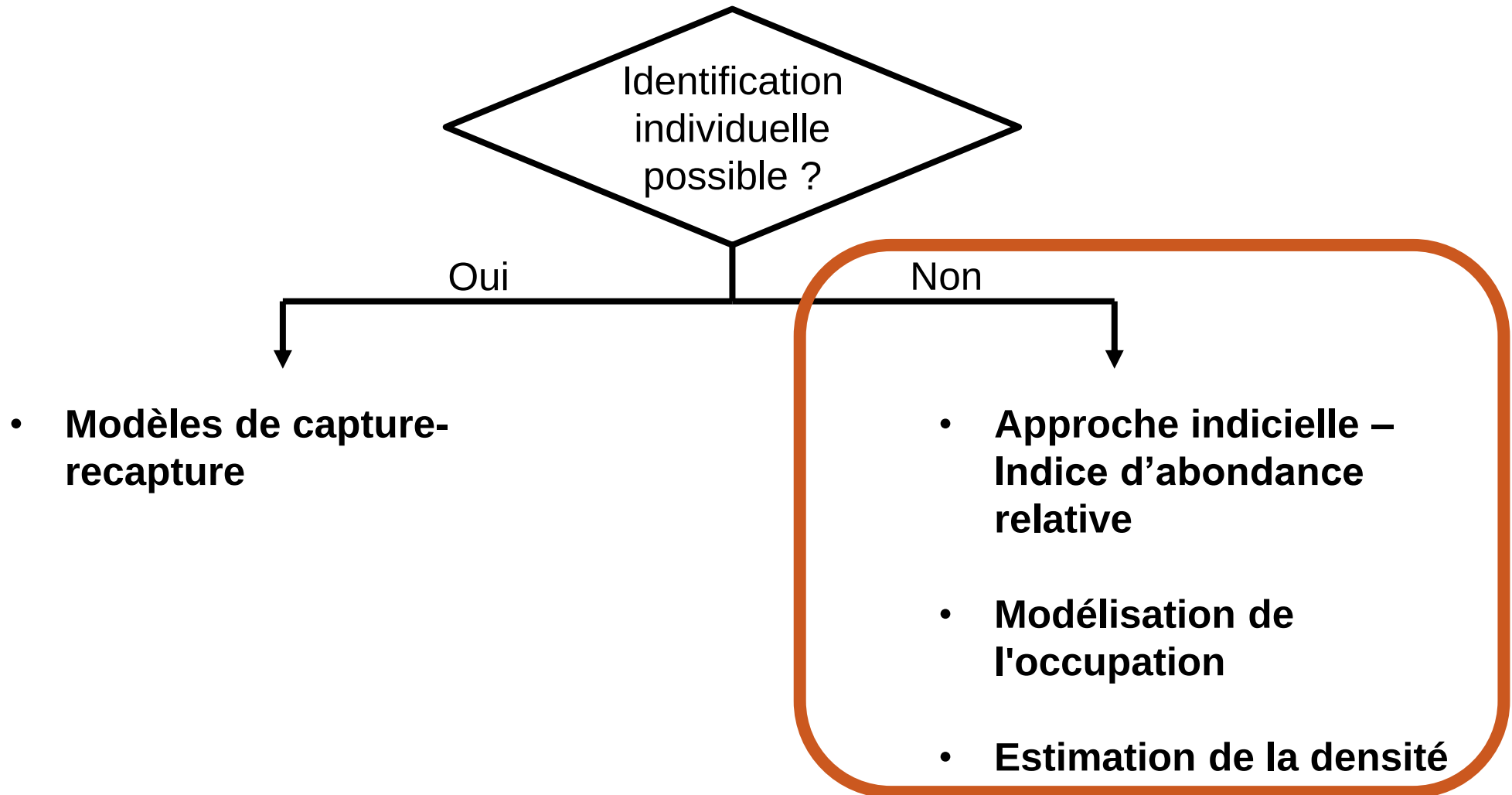


Identification sans ambiguïté
du même individu



Identification sans ambiguïté
d'individus différents

Abondance



Abondance

Approche indicielle – Indice d'abondance relative (RAI)

Principe :

- **Dénombrement** d'animaux ou de signes (traces, excréments) dont la variation dans l'espace et le temps est supposée suivre directement la variation de taille de la population
- Indice le plus utilisé pour les études basées sur les pièges photographiques : **indice d'abondance relative** par espèce

Avantages et limites :

- **Facile** à calculer
- Hypothèse implicite selon laquelle la **probabilité de détection** est constante dans l'espace, le temps et l'espèce → Taux de détection mélangeant abondance et détectabilité

$$\text{RAI} = \frac{\# \text{ évènements indépendants}}{\text{nombre de caméra} \cdot \text{jours de la caméra}}$$

Évènements de détection indépendants : évènements séparés par une durée déterminée (généralement > 30 min)

Abondance

Modélisation de l'occupation

Principe :

- La modélisation de l'occupation, considérant la détection imparfaite des espèces, peut être considérée comme un **indicateur** de l'abondance (ou pseudo-abondance)
- Estimation de l'**occupation naïve** (PAO : proportion de surface occupée)
- Estimation conjointe des **probabilités d'occupation et de détection** des espèces sur le site (nécessité d'un historique de détection)

Abondance

Modélisation de l'occupation

Méthodologie :

- **Relevés répétés** : les modèles d'occupation sont basés sur des visites répétées, dans un court intervalle de temps, de plusieurs sites d'échantillonnage → Collecte de données sur la présence/absence des espèces lors de chaque visite (pièges photographiques)
- **Historique de détection** : les données de présence/absence sont organisées en une matrice où les lignes représentent les sites et les colonnes les visites. Chaque cellule de la matrice indique si l'espèce a été détectée au moins une fois (1) ou non détectée (mais pas nécessairement absente !) (0).

Sites	Season	
	A	
1	111	Site occupied and species often detected
2	010	Site occupied and often missed species
3	000	Site occupied and species not detected OR site unoccupied
...	...	

Abondance

Modélisation de l'occupation

Occupation naïve

$$PAO = \frac{\# \text{ sites where species detected}}{\text{total \# sites surveyed}}$$

Avantages et limites :

- Utile pour connaître de manière pratique la distribution la plus probable des espèces
- Pas de considération des espèces présentes mais non détectées

Abondance

Estimation de la densité

Plusieurs **approches** récentes :

- Modèle de rencontre aléatoire (REM) (2008)
- Modèle de rencontre aléatoire et de temps de séjour (REST) (2017)
- • Échantillonnage à distance ou *distance sampling* (2017)
- Modèle *Time To Event* (TTE) (2018)
- Modèle *Space To Event* (STE) (2018)

Journal of Applied Ecology



Journal of Applied Ecology 2008, **45**, 1228–1236

doi: 10.1111/j.1365-2664.2008.01473.x

Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition

J. Marcus Rowcliffe^{1*}, Juliet Field², Samuel T. Turvey¹ and Chris Carbone¹

Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

- Méthode basée sur l'approche traditionnelle du *Distance Sampling*, combinée à l'utilisation de pièges photographiques
- Estimation de la distance radiale horizontale entre le point central de chaque animal et la caméra afin de modéliser une fonction de détection et estimer la densité de population de l'espèce

Methods in Ecology and Evolution



Methods in Ecology and Evolution 2017

doi: 10.1111/2041-210X.12790

Distance sampling with camera traps

Eric J. Howe^{*1} , Stephen T. Buckland¹, Marie-Lyne Després-Einspenner² and Hjalmar S. Kühl^{2,3}

Drawn out of the shadows: Surveying secretive forest species with camera trap distance sampling

Mattia Bessone^{1,2}  | Hjalmar S. Kühl^{3,4} | Gottfried Hohmann³ | Ilka Herbinger⁵ | Kouame Paul N'Goran⁶ | Papy Asanzi² | Pedro B. Da Costa² | Violette Dérozier² | Ernest D. B. Fotsing² | Bernard Ikembelo Beka² | Mpongo D. Iyomi² | Iyomi B. Iyatshi⁷ | Pierre Kafando⁸ | Mbangi A. Kambere² | Dissondet B. Moundzoho² | Musubaho L. K. Wanzalire² | Barbara Fruth^{1,2,9} 

Abondance

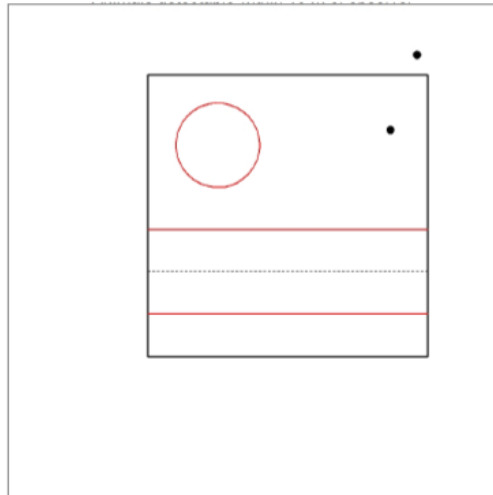
Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

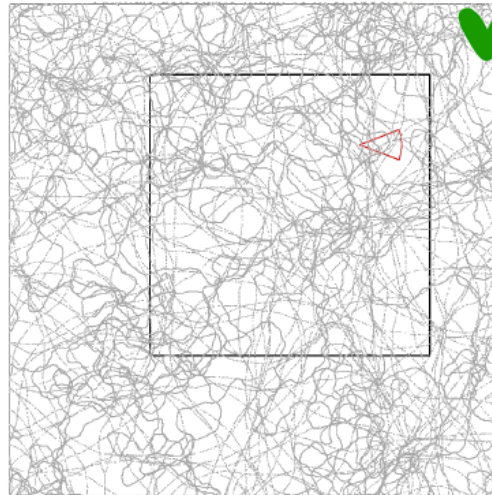
Objectif : Minimum 80-100 observations par espèce dont on estime la densité

The **radial distances** are measured between the camera and the central point of each observed animal in the camera's field of view

Human observer $n = 0$

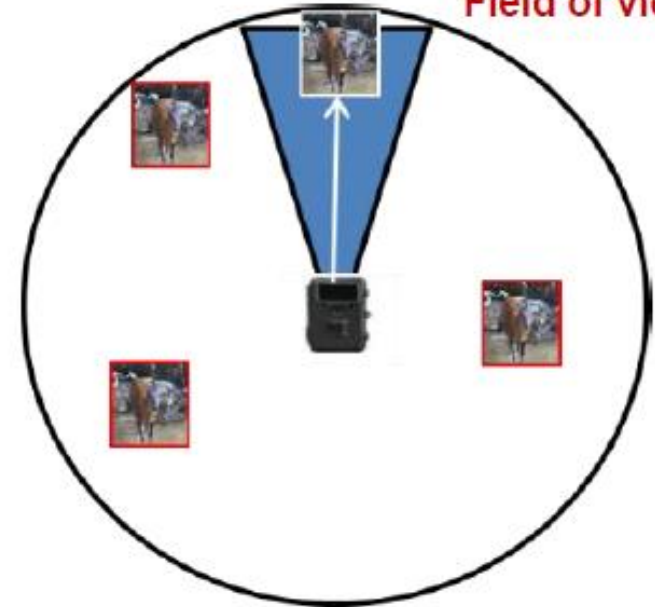


Camera trap $n = 15-100$



Advantage of animal movement (& a long survey duration) !

Field of view

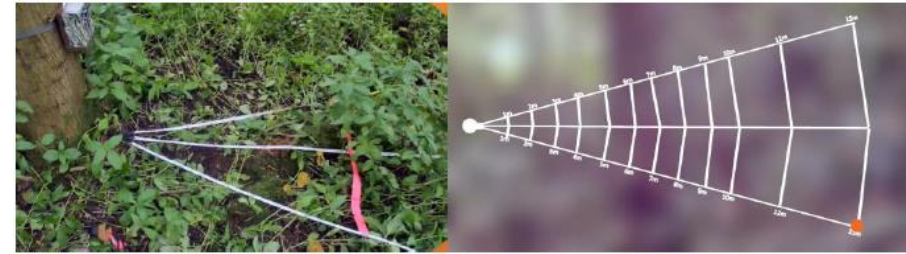


Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Création de vidéos de référence



WCS

PNS survey



Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Exemple en Italie
(2024)

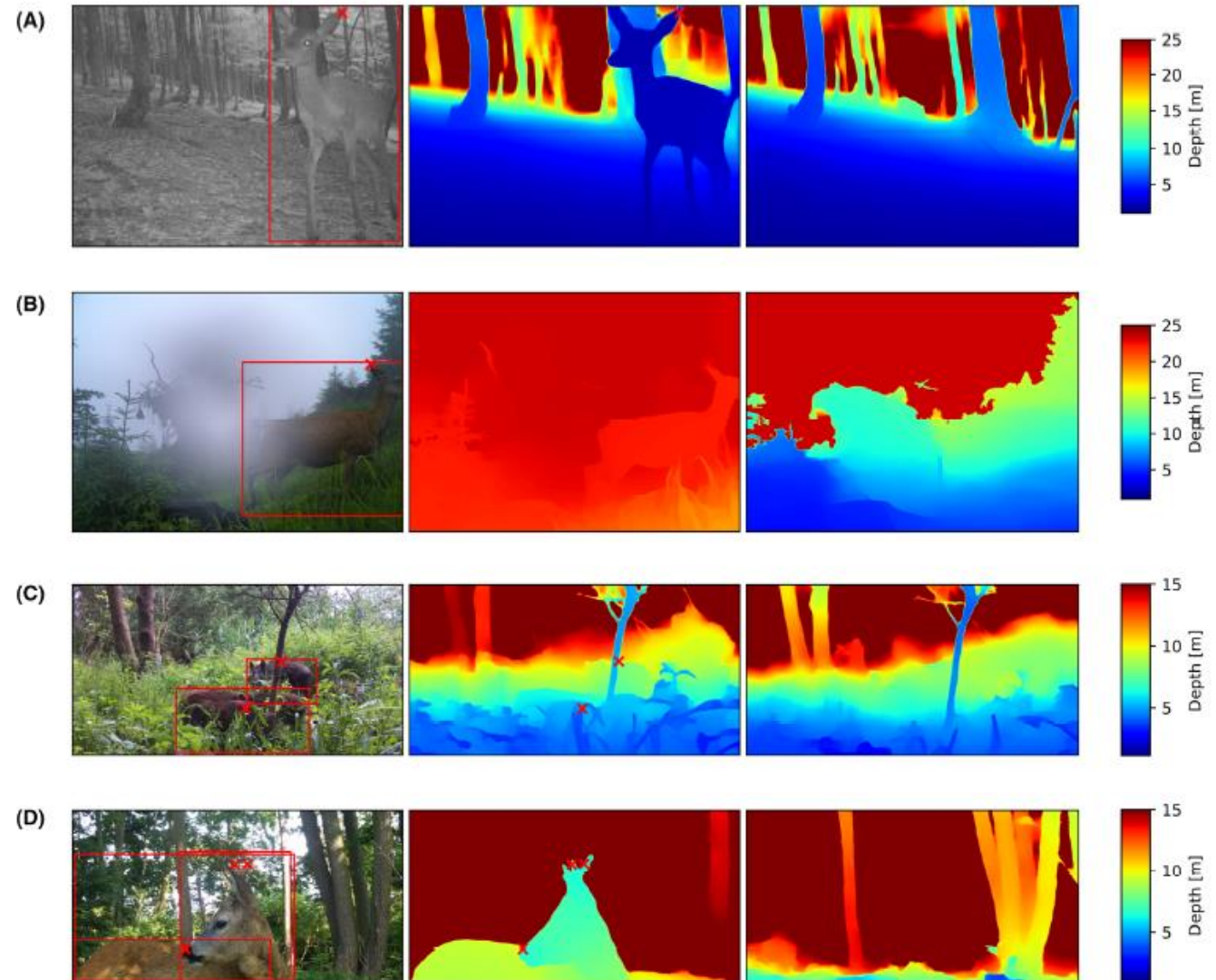


Figure 5. Examples of photos with animal observations, the corresponding calibrated depth images and the reference depth images with the reference object at the farthest distance (not always visible against the background). MegaDetector created the bounding boxes in the panels on the left; the cross indicates the pixel of the sampled distance estimate. In the depicted scenarios: (A) the animal is detected both manually and automatically and the difference in the estimated distance to the camera trap is minimal (0.48 m in this case); (B) the animal is detected manually and automatically, but there is a large difference in the resulting distance estimates (15.9 m in this case); (C) some animals are not detected automatically (such as two of the four wild boar); (D) the automated detection produces false positives (as multiple crosses on different body parts of the same roe deer show).

Abondance

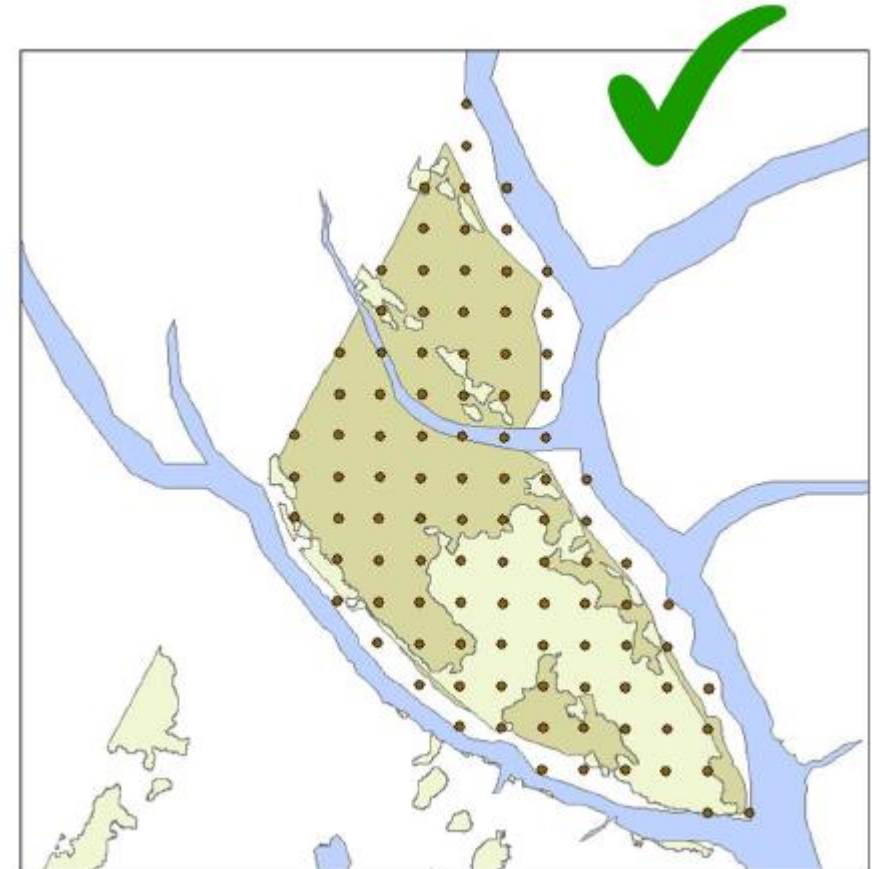
Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Quel plan d'échantillonnage ?

Hypothèse de la méthode CTDS :

**Les caméras sont placées aléatoirement
par rapport à la distribution des animaux**



Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Exemple de plan
d'échantillonnage
en RDC :
grille systématique

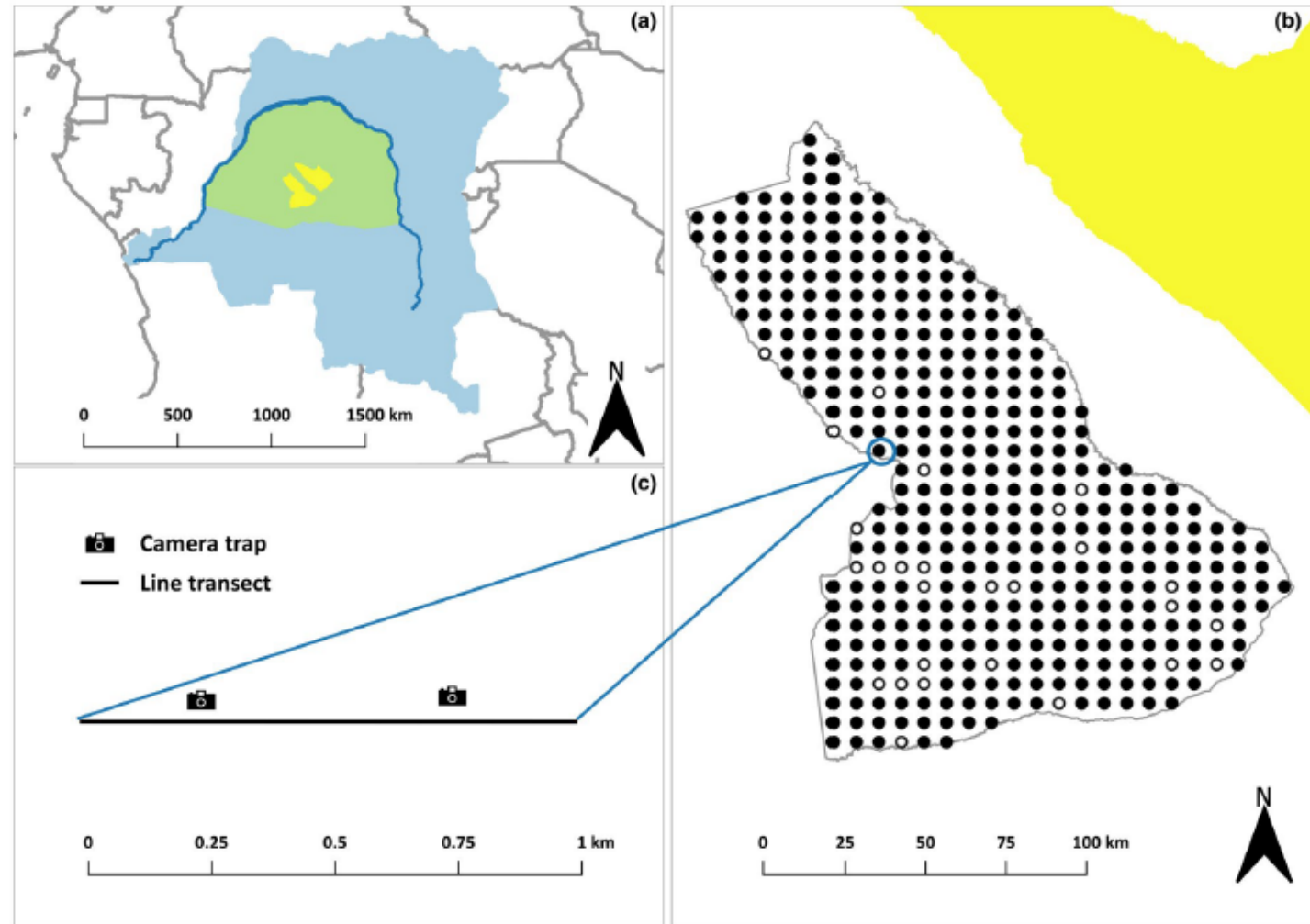


FIGURE 1 Location and survey design: (a) Democratic Republic of the Congo (DRC; light blue) with Congo river (blue line), Cuvette Centrale (green) and Salonga National Park (SNP; yellow); (b) SNP, block South with surveyed (black dots) and unsurveyed (white dots) line transects; (c) Camera trap locations along line transect

Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Exemple de plan d'échantillonnage en Côte d'Ivoire : grille systématique

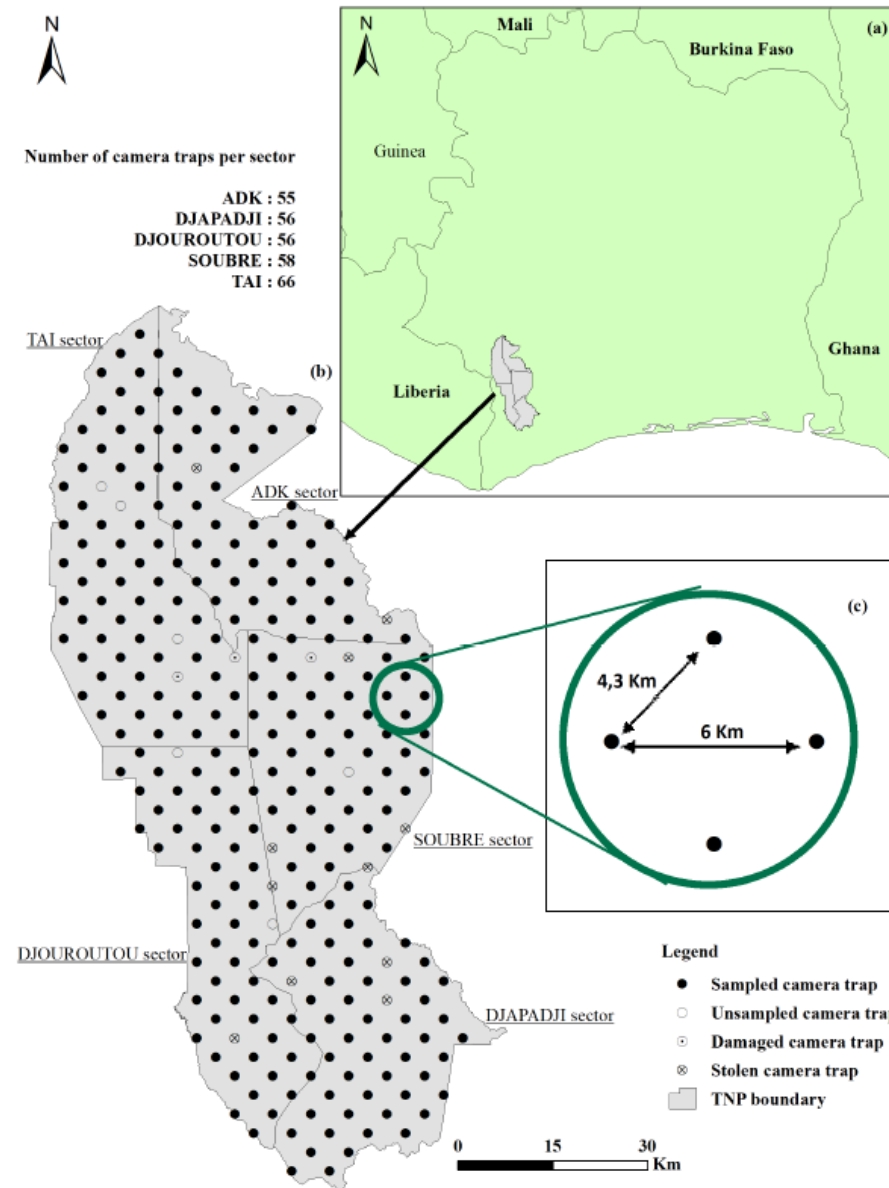


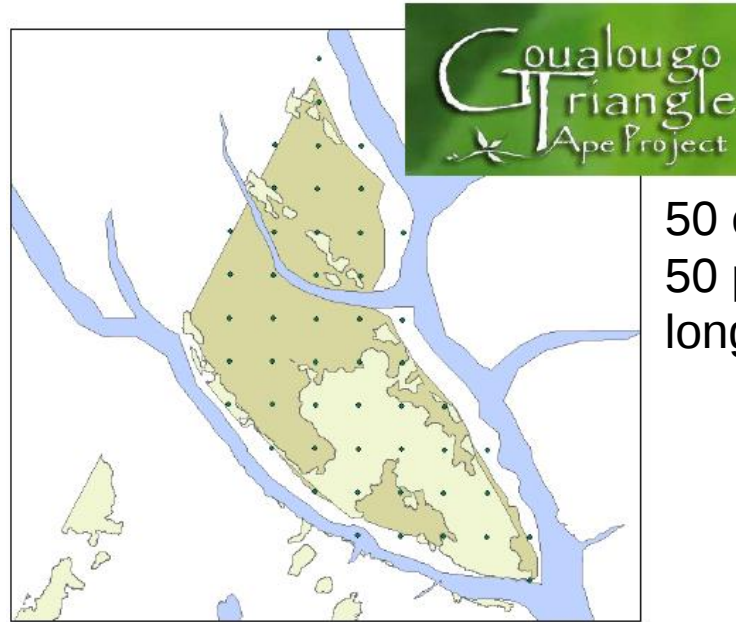
Figure 1 Location and survey design. (A) Côte d'Ivoire boundary and Taï National Park (TNP) location; (B) study area and location of cameras (C) distance (km) between camera traps.

Abondance

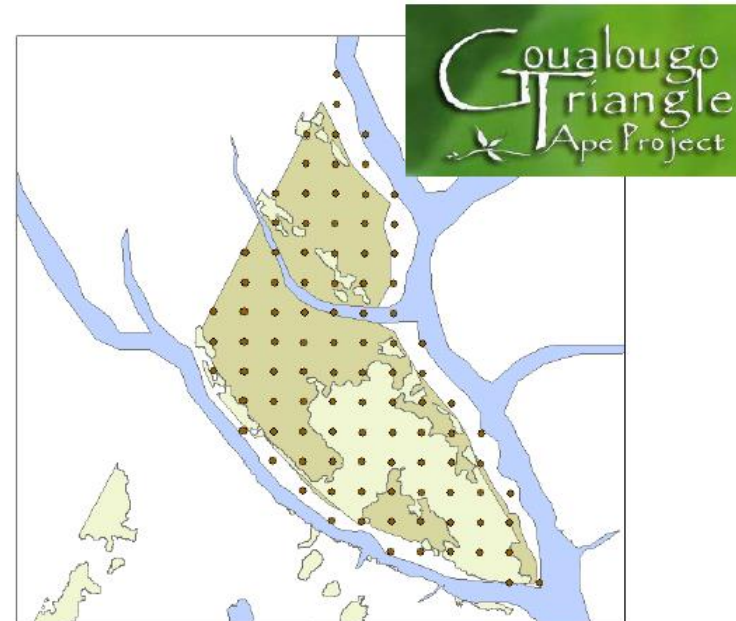
Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

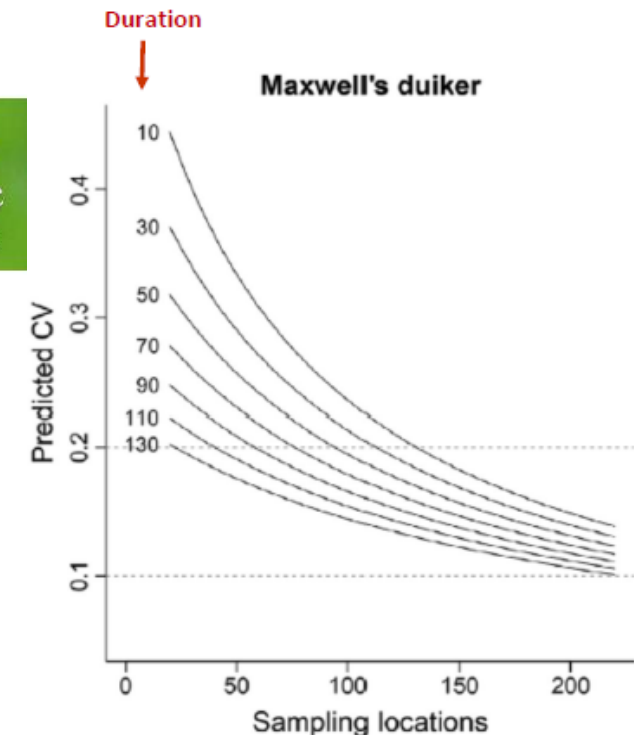
Exemple de plan d'échantillonnage au Congo :
grilles systématiques de 2 mailles différentes



50 caméras,
50 positions,
longue durée



50 caméras,
100 positions,
courte durée



Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Exemple de plan d'échantillonnage en Allemagne : sélection aléatoire dans une grille systématique

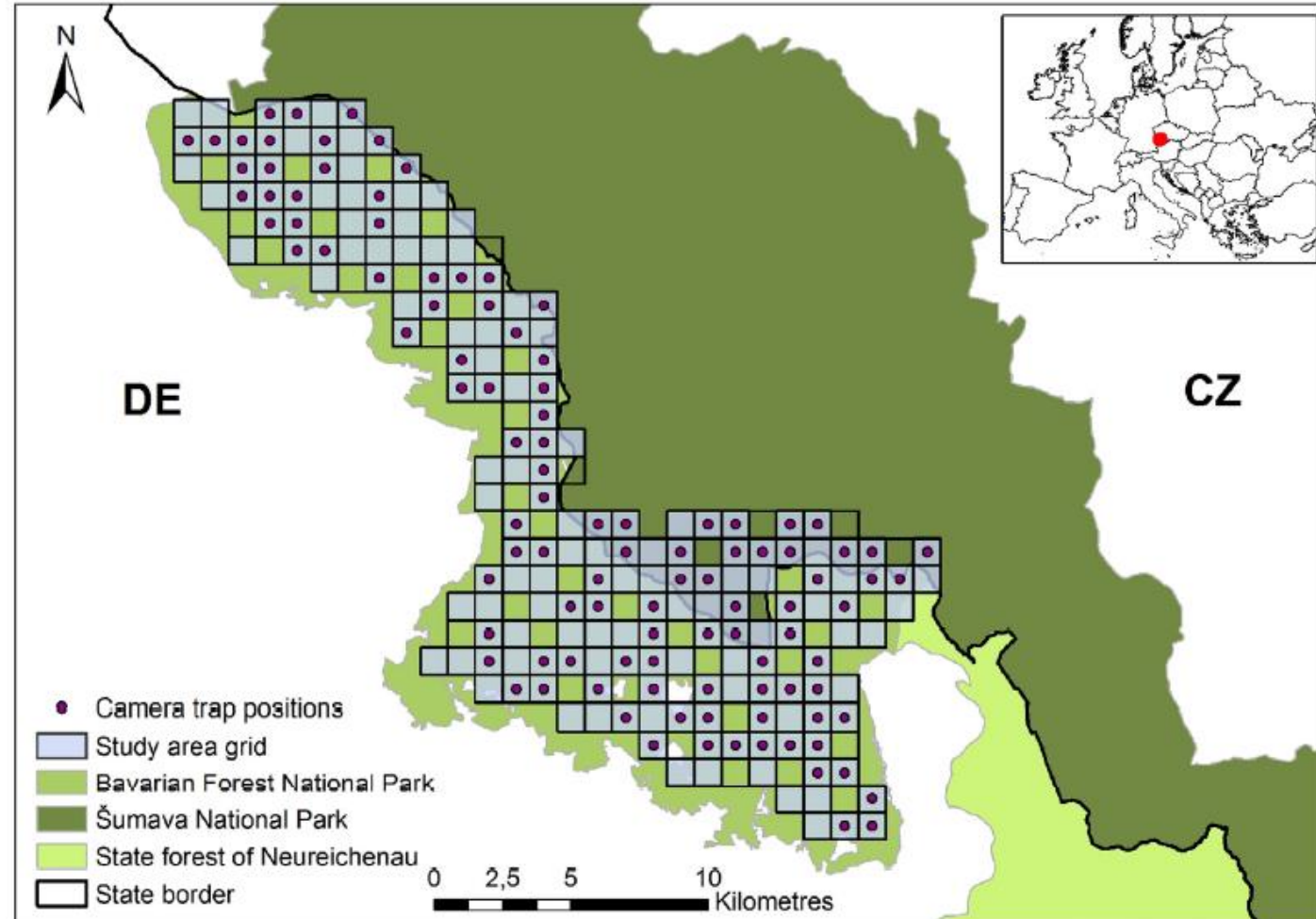


FIGURE 2 | Locations of the camera trap positions within the study area grid, located at the border of Germany (DE) and Czechia (CZ).

Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Exemple de plan d'échantillonnage en Allemagne : sélection aléatoire dans une grille systématique + flexibilité de 100-500 m dans le placement de chaque camera

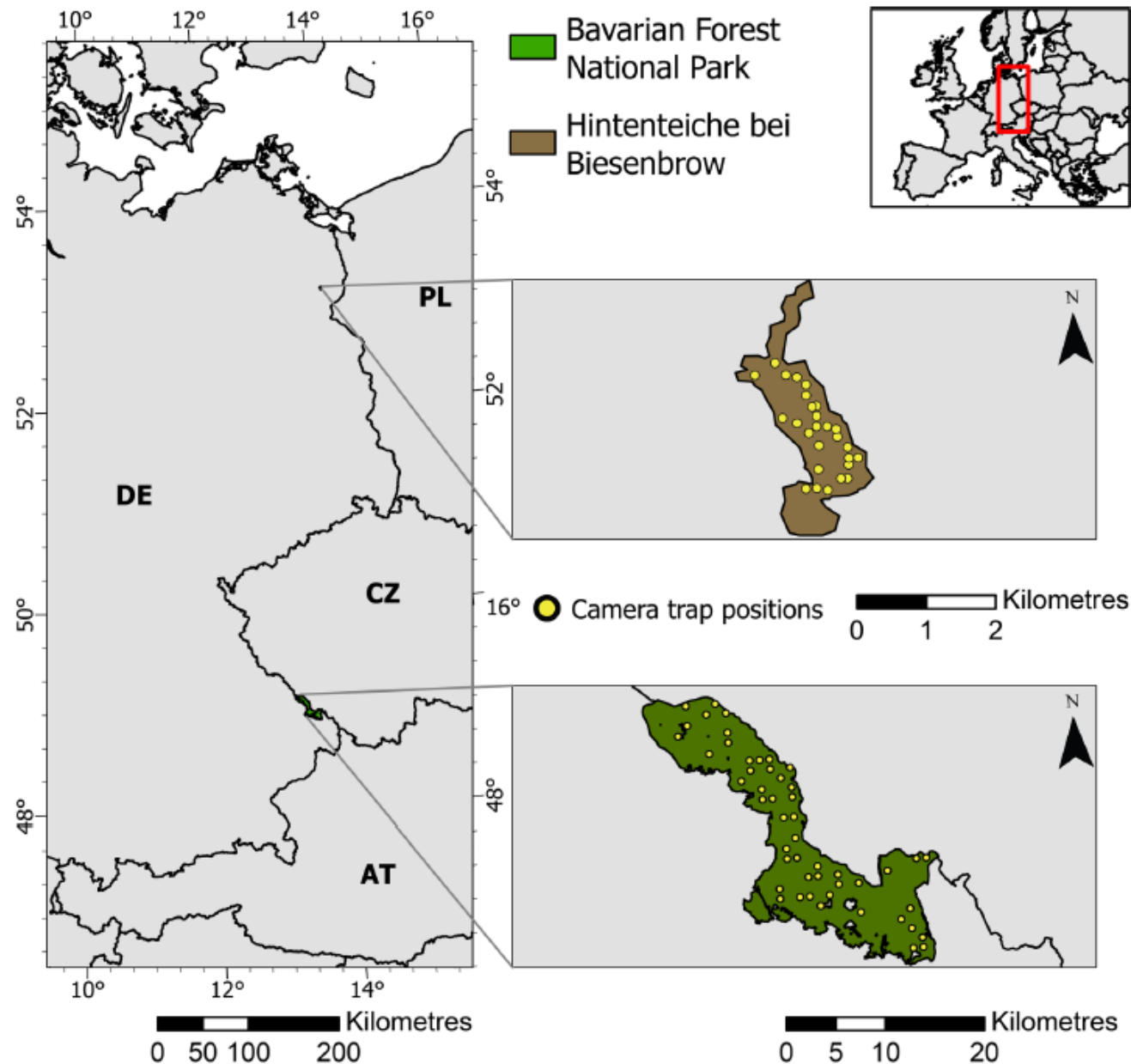


Figure 1. Map of the camera trap locations within their respective study areas.

Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

To estimate density using CTDS we need to adjust **effort**:

$$\text{Estimated Density } \hat{D} = \frac{n}{\pi w^2 E \hat{P}}$$

Total number
of distances

Truncation
distance

Effort

Estimated detection
probability of an animal

Abondance

Estimation de la densité

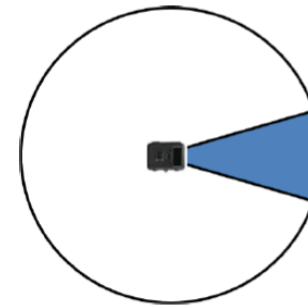
CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Camera trap sampling **effort** has two components:

$$\text{Effort } E = \left[\frac{\theta}{360^\circ} \right] \left[\frac{T}{t} \right]$$

Spatial

Temporal



The **proportion** of the circle covered by the camera

$$\text{Effort } E = \left[\frac{\theta}{360^\circ} \right] \left[\frac{T}{t} \right]$$

Total sampling time in seconds

T is the sum of the sampling time T_k in seconds for each camera k , across the total K sampling locations

$$\text{Effort } E = \left[\frac{\theta}{360^\circ} \right] \left[\frac{T}{t} \right]$$

The time intervals between the predetermined instantaneous snapshot moments (eg: fixed at 2 s)

$$T = \sum_{k=1}^K T_k$$

Abondance

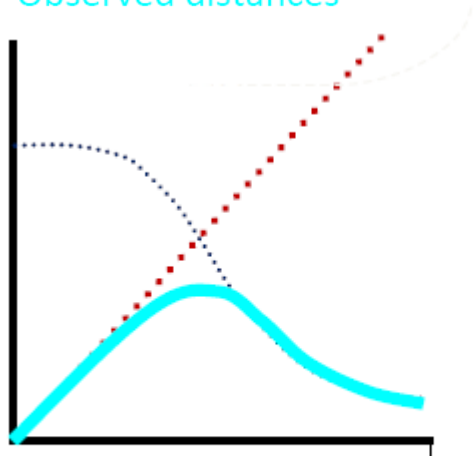
Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

True distribution of animals

Detection function

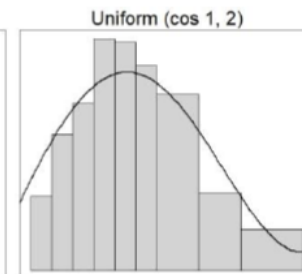
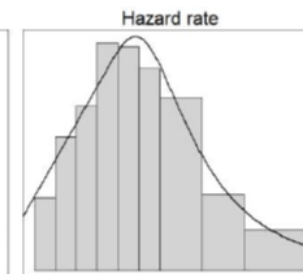
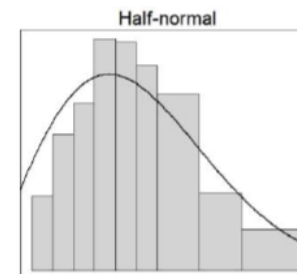
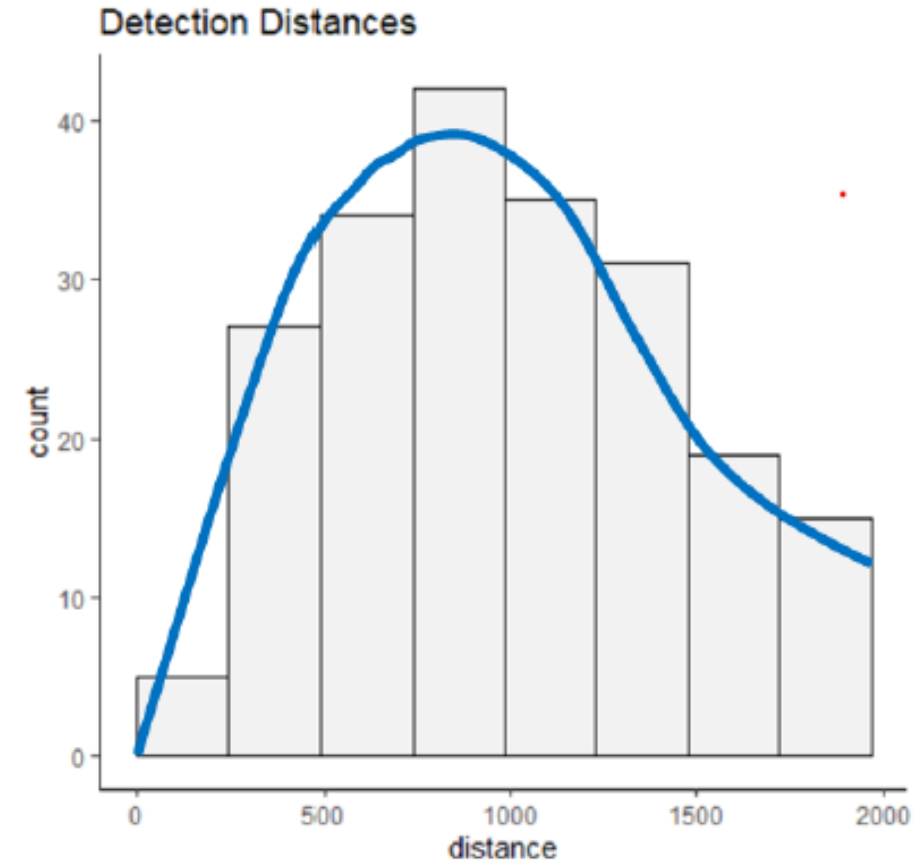
Observed distances



Ajustement d'un modèle aux distances mesurées pour estimer la détectabilité



Point transect sampling



Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Exemple en Allemagne
(2023)

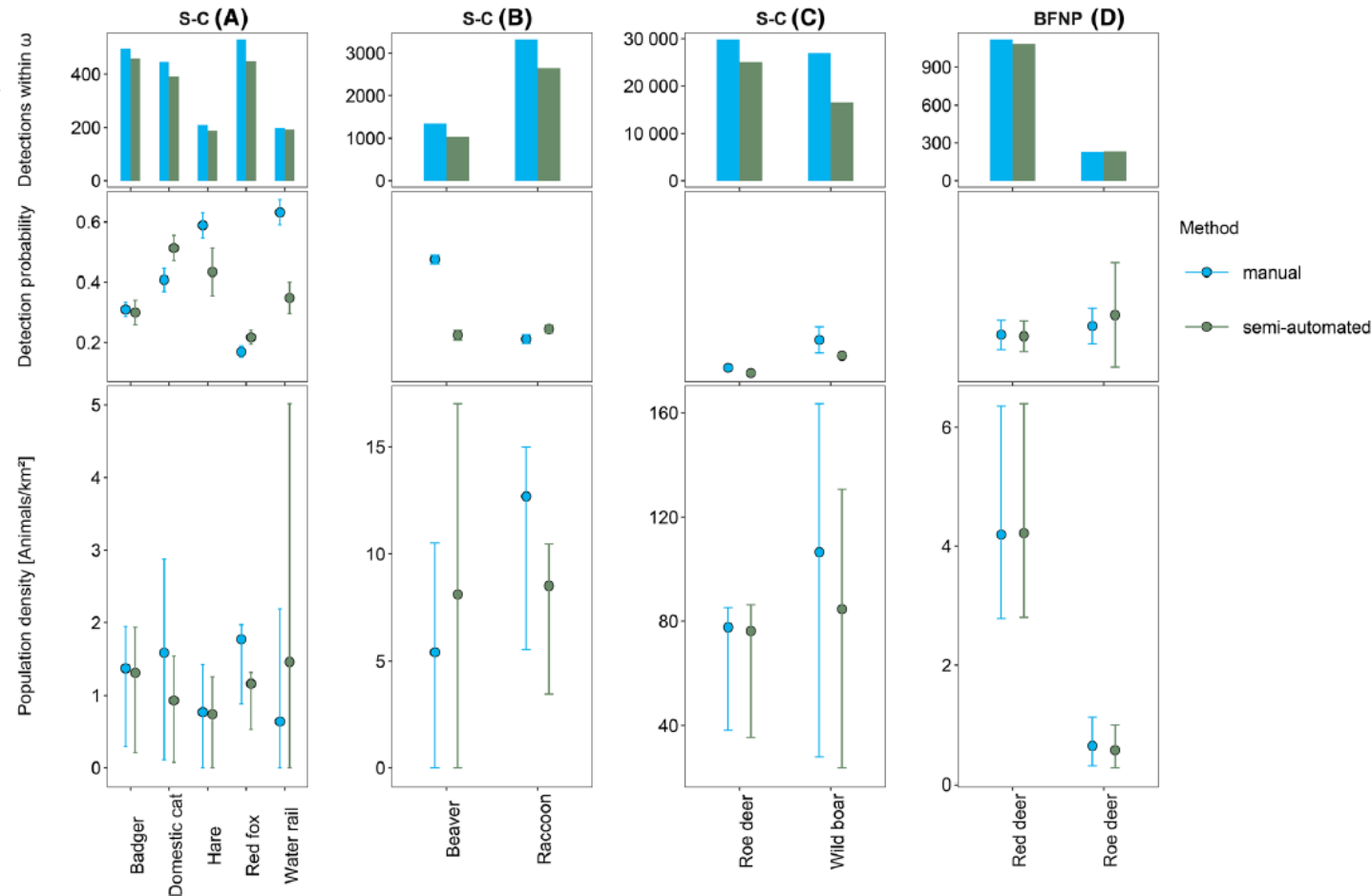


Figure 4. Detections, detection probabilities and population density estimates of nine animal species at 27 camera trap locations in the Biosphere Reserve Schorfheide-Chorin in the summer of 2019 (A–C) and of red and roe deer at 50 camera trap locations in the Bavarian Forest National Park in the summer of 2018 (D). Detection probabilities can only be compared within species due to different truncation distances ω . For the same number of animal detections, an increase in the detection probability leads to lower population density estimates. Apart from the number of detections and the detection probability, the other camera trap distance sampling parameters were constant between the manual and semi-automated workflows.

Abondance

Estimation de la densité

CTDS (*Camera Trap Distance Sampling*)

Comparaison
CTDS-REM :
Exemple en
Allemagne
(2023)

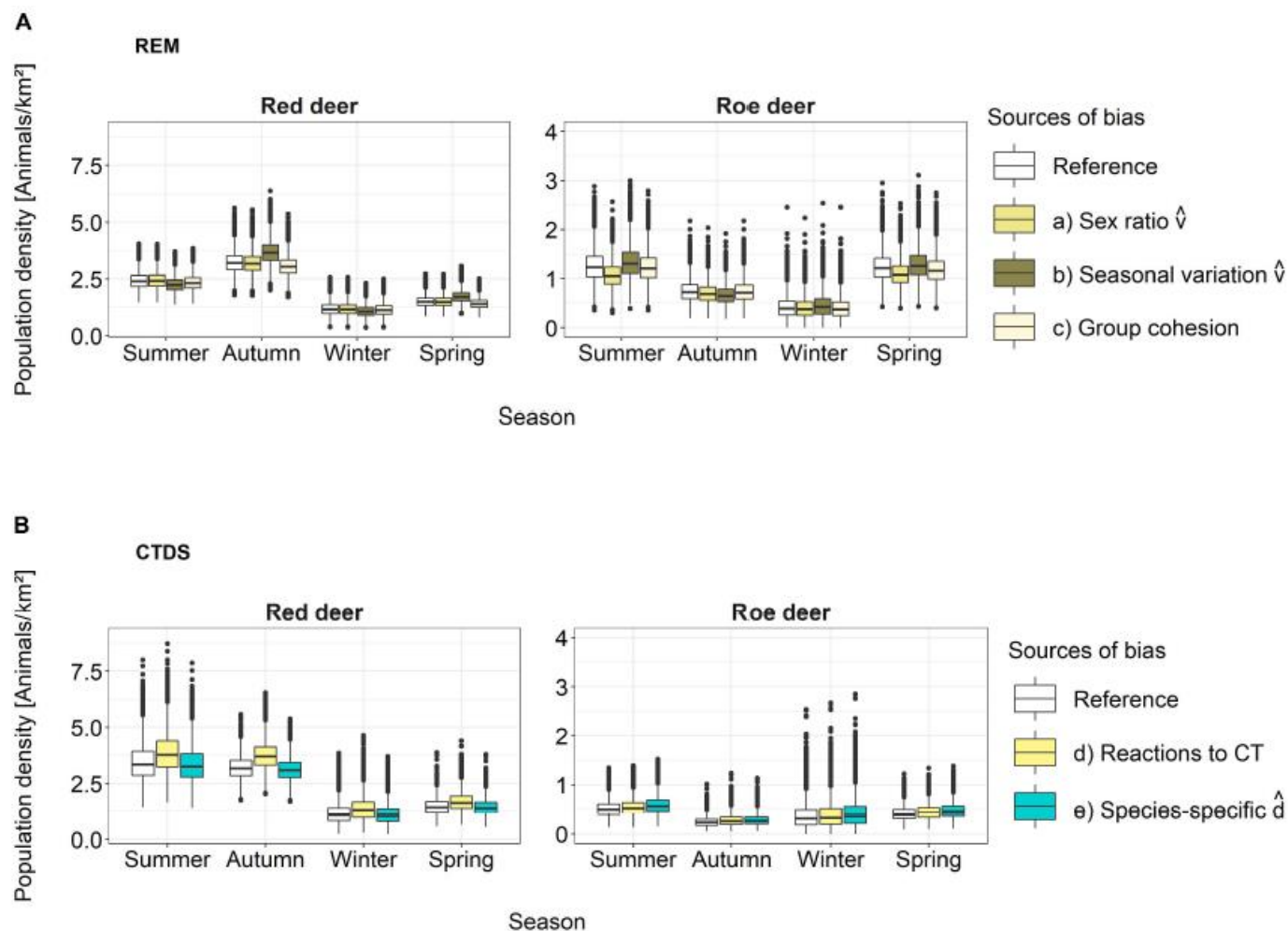


FIGURE 5 | The influence of biased model parameters on population density estimates of REM and CTDS. These include (A) for REM, (a) the assumption of a balanced sex ratio, (b) the use of year-round GPS telemetry data to estimate movement speed and (c) the use of the first photo per series only for group size estimation, and (B) for CTDS, (d) the inclusion of photos regardless of behavioral reactions to camera traps and (e) the use of a non-species-specific mean delay between photo series $\hat{d}$.

Abondance

Estimation de la densité

CTDS (Camera Trap Distance Sampling)

Comparaison
CTDS-REM :
Exemple en Italie
(2024)

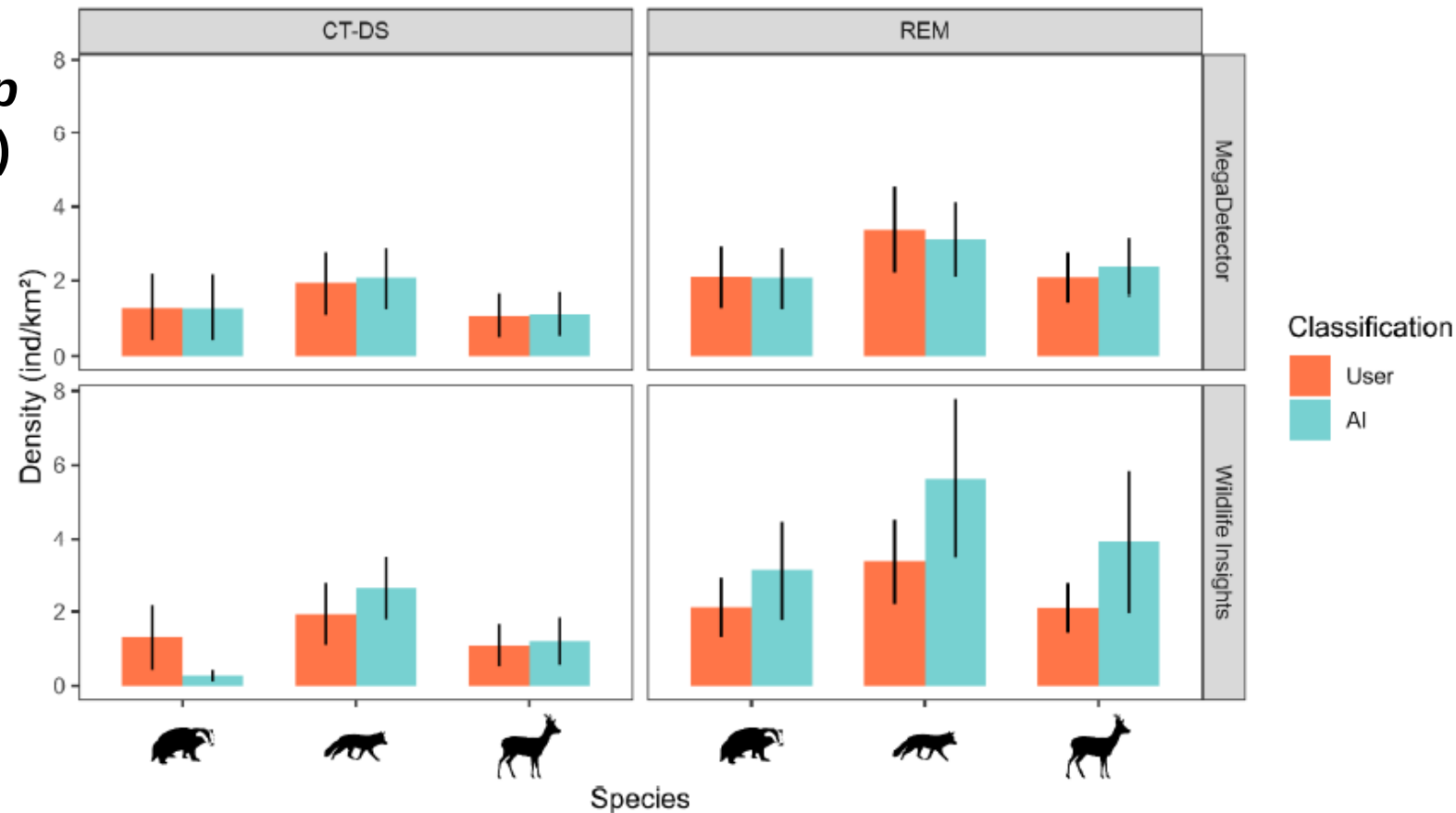


FIGURE 4 Density estimations for *Meles meles*, *Vulpes vulpes* and *Capreolus capreolus*, plotted in pairs between the user- and AI-datasets (MegaDetector and Wildlife Insights), both for Camera-Trap Distance Sampling (CTDS) and Random Encounter Model (REM). For each estimate, the relative Standard Error is shown.

Notre outil : **EurêCam!**

Analyser les données

Species	Camera	Site	Individuals	Date	Hour
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:46:40
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:47:00
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:47:22
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:47:38
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:47:52
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:49:06
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:51:36
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:55:10
Potamochoerus porcus	I01	Langoue	1	07-04-19	20:55:40
Cephalophus silvicultor	I01	Langoue	1	08-04-19	20:11:22
Loxodonta cyclotis	I01	Langoue	1	08-04-19	05:57:04
Loxodonta cyclotis	I01	Langoue	1	08-04-19	05:57:20
Panthera pardus	I01	Langoue	1	13-04-19	08:43:24
Panthera pardus	I01	Langoue	1	13-04-19	08:43:38
Panthera pardus	I01	Langoue	1	13-04-19	08:43:52
Panthera pardus	I01	Langoue	1	13-04-19	08:44:06
Panthera pardus	I01	Langoue	1	13-04-19	08:44:18
Panthera pardus	I01	Langoue	1	13-04-19	08:44:32
Philantomba congica	I01	Langoue	1	13-04-19	14:50:06
Genetta spp.	I01	Langoue	1	14-04-19	05:42:22
Philantomba congica	I01	Langoue	2	14-04-19	10:26:16
Philantomba congica	I01	Langoue	2	14-04-19	10:26:32
Philantomba congica	I01	Langoue	2	14-04-19	10:26:56
Philantomba congica	I01	Langoue	2	14-04-19	10:29:50
Philantomba congica	I01	Langoue	2	14-04-19	10:30:16
Philantomba congica	I01	Langoue	1	14-04-19	11:39:48
Philantomba congica	I01	Langoue	1	14-04-19	11:40:28
Philantomba congica	M08	Massuna	2	12-04-19	07:58:08
Philantomba congica	M08	Massuna	1	12-04-19	07:37:54

Application R Shiny EurêCam!

➔ Application **gratuite** en accès libre dédiée à l'analyse de données issues d'inventaires par pièges photographiques

Une fois les données chargées selon les modalités précisées sur la page d'accueil, [EurêCam!](#) propose à l'utilisateur 3 types d'analyses standardisées :

- Une **description de la communauté animale** dans son ensemble incluant une comparaison des zones étudiées en termes d'**effort d'inventaire** et de **richesse en espèces**
- Une **analyse espèce par espèce** incluant le **nombre d'évènements de détection indépendants** (séparés par > 30 min), le **taux de détection** sur la période d'inventaire et l'analyse du **rythme d'activités**
- Une visualisation de la **répartition spatiale de la richesse en espèces** au sein du dispositif d'inventaire

➔ Une [note d'utilisation](#) est disponible pour plus d'informations sur la structure de l'application et sur les indices générés

Traitement des tableaux (.csv) issus de logiciels d'identification de photos et vidéos de pièges photographiques (Camera Base, Timelapse, TrapTagger, Agouti...)

Données d'inventaire

Table de données

Browse... donnees.csv

Upload complete

Charger un nouveau jeu de données

Chargez ci-dessus vos données d'inventaire selon le format précisé dans la note d'utilisateur, située à droite dans l'encadré rouge.

Statuts UICN

Browse... statuts.csv

Upload complete

Espèces non reconnues ?

Chargez ci-dessus un fichier .csv reprenant le statut de conservation UICN des espèces détectées lors de l'inventaire. Un exemplaire est disponible dans l'onglet 'Analyse & Reporting' du site Faunefac.

Localisation des pièges photographiques

Caractéristiques de l'inventaire

Browse... cam_info_nomOK2.csv

Upload complete

Informations Caméras chargée

Chargez ici un fichier .csv selon le format précisé dans la note d'utilisateur, située à droite dans l'encadré rouge.

EPSG souhaité pour la cartographie

32733

Si vous ne connaissez pas l'EPSG de la zone, vous pouvez le retrouver en suivant l'un de ce lien : [Détermination de l'EPSG1](#). Dans la barre de recherche, remplissez comme suit : *WGS 84 / UTM zone 'Latitude de la zone'*. L'EPSG à sélectionner est celui correspondant au résultat exact de la recherche. Par exemple, dans le cas d'une zone au Cameroun située à 32 degrés de latitude nord, la recherche sera : *WGS 84 / UTM zone 32N* et l'EPSG sortant sera le 32632.

Ou sur [Détermination de l'EPSG2](#). Sélectionnez la zone où se situe votre site d'étude, notez le numéro de la 'zone UTM', puis recherchez le code EPSG correspondant sur internet (ex.: EPSG pour la zone UTM 33 Nord).

Sélection des champs

Choisissez la colonne "Species"

Choisissez la colonne "Camera"

Choisissez la colonne "Site"

Choisissez la colonne "Individuals"

Choisissez la colonne reprenant la date et l'heure

☐ Présence d'une colonne Espèce 2

☐ Présence d'une colonne Date et d'une colonne Heure.

Sélection format du temps

Format de la colonne reprenant la date et l'heure

Sélection des champs

Choisissez la colonne "Species"

Choisissez la colonne "Camera"

Choisissez la colonne "Site"

Choisissez la colonne "Individuals"

Individuals

Camera

Date

Hour

Individuals

Site

Species

Sélection format du temps

Format de la colonne reprenant la date et l'heure

Calcul d'un **indice de présence humaine**

Calcul d'un **indice de détection nocturne**

Indice de présence humaine

Nombre moyen d'hommes détectés sur une durée d'un mois (30 jours)

Sites	indice
Langoue	0.00
Massuna	0.00

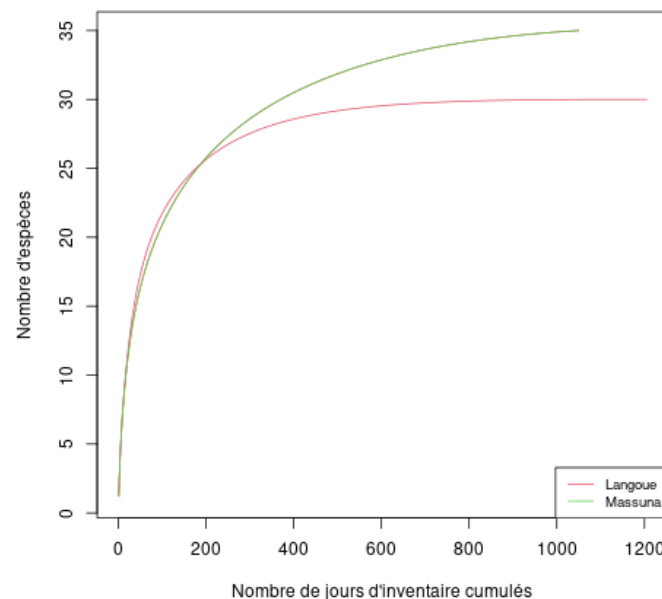
Indice de détection nocturne

Détection nocturne en pourcents

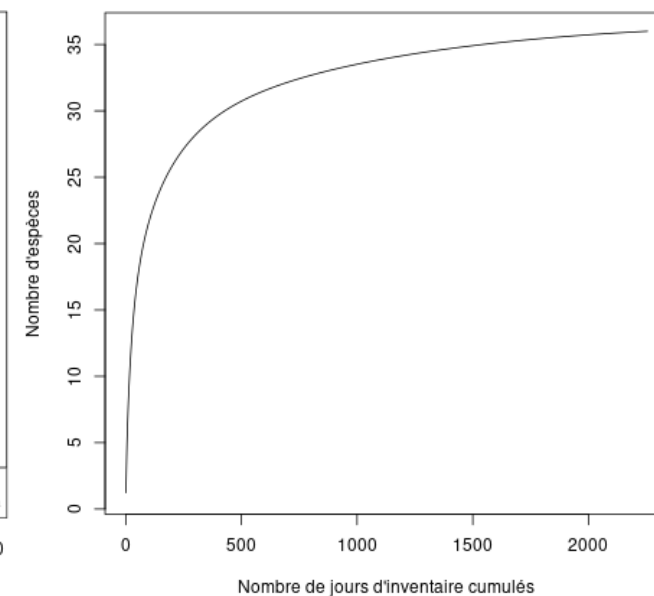
Sites	indice
Langoue	22.14
Massuna	21.59

Production des **courbes de raréfaction**

Courbes d'accumulation



Courbe d'accumulation



Calcul du RAI

Calcul d'occupation spatiale (*occupancy*)

Calcul du nombre de détections par espèce et par site

Choisissez une espèce

Toutes les espèces

Choisissez un site

Tous les sites

Info

Species	Site	Taux de détection (RAI)	Occupancy (PAO)	Nombre de détections	Nombre moyen d'individus par détection
Agelastes niger	Tous	0.04	0.58	80	3.86
Atherurus africanus	Tous	0.07	0.61	149	1.05
Bdeogale nigripes	Tous	0.03	0.58	58	1.07
Cephalophus callipygus	Tous	0.29	1.00	642	1.05
Cephalophus castaneus	Tous	0.08	0.83	187	1.03
Cephalophus leucogaster	Tous	0.03	0.47	67	1.03
Cephalophus nigrifrons	Tous	0.01	0.17	14	1.00
Cephalophus ogilbyi	Tous	0.04	0.42	95	1.02

Choisissez une espèce

Agelastes nigerBdeogale nigripesCephalophus callipygus

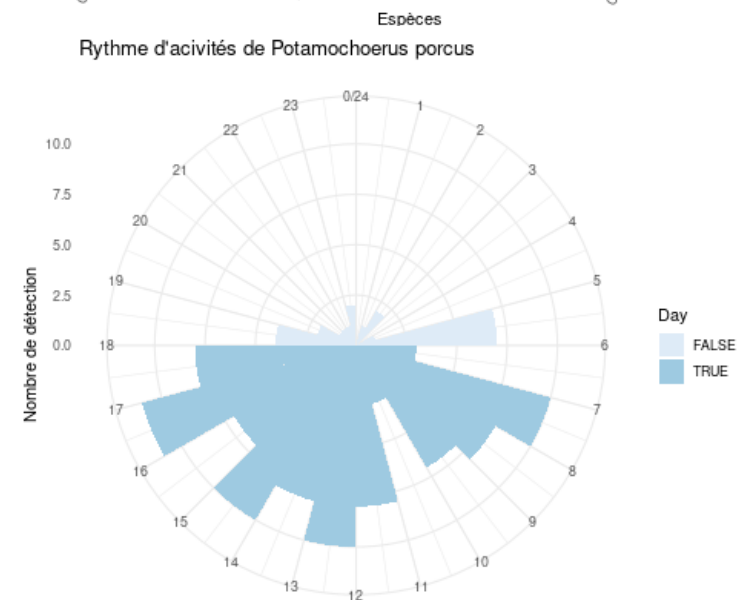
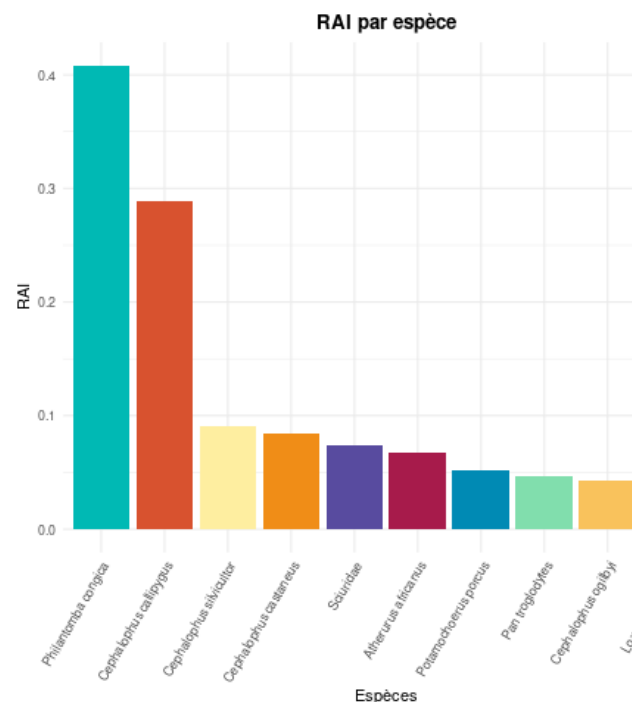
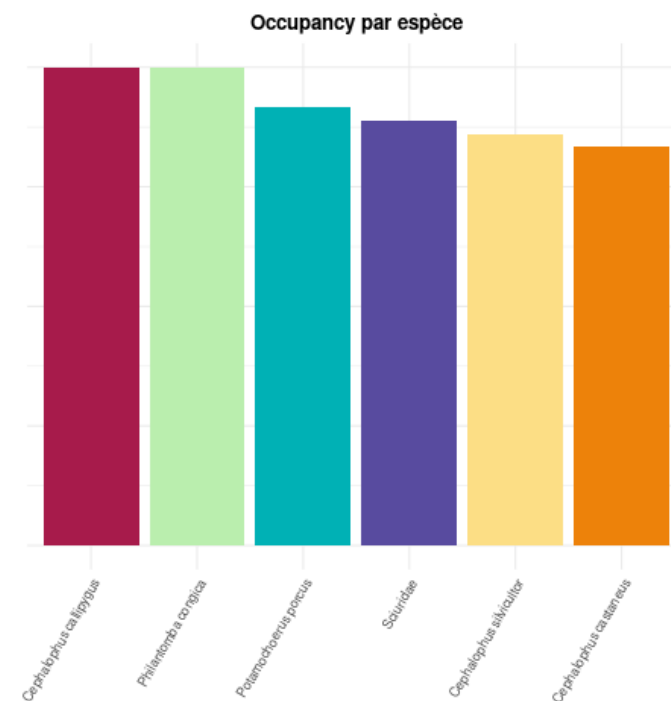
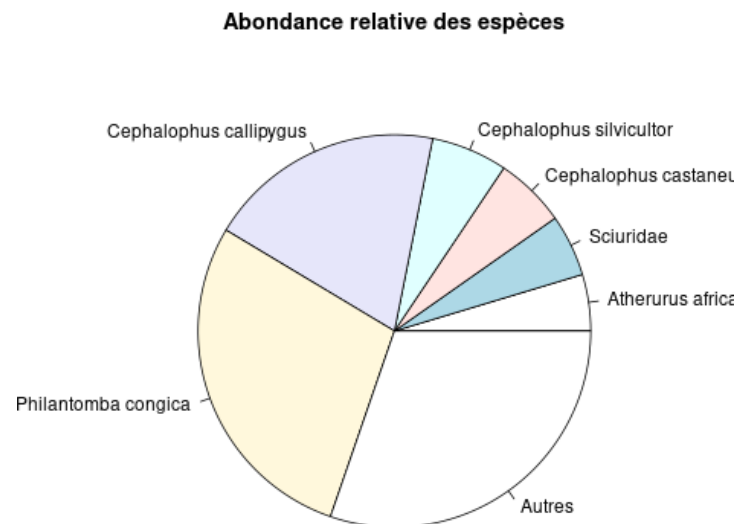
Choisissez un site

LangoueMassuna

Info

Species	Site	Nombre de détections	Taux de détection (RAI)	Occupancy (PAO)	Nombre moyen d'individus par détection
Agelastes niger	Langoue	40	0.03	0.58	3.88
Agelastes niger	Massuna	40	0.04	0.59	3.85
Bdeogale nigripes	Langoue	39	0.03	0.68	1.03
Bdeogale nigripes	Massuna	19	0.02	0.47	1.16
Cephalophus callipygus	Langoue	299	0.25	1.00	1.07
Cephalophus callipygus	Massuna	343	0.33	1.00	1.04

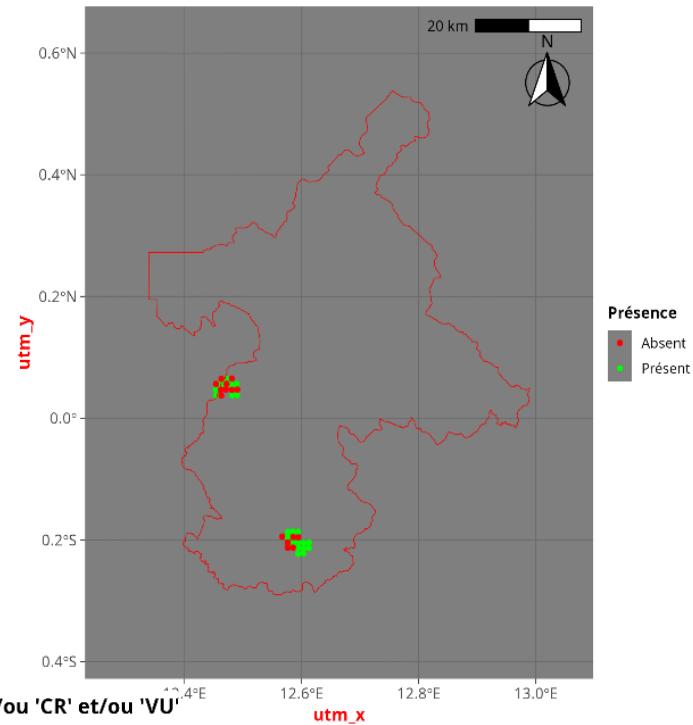
Visualisation des
abondances relatives
et **occupation** des
espèces



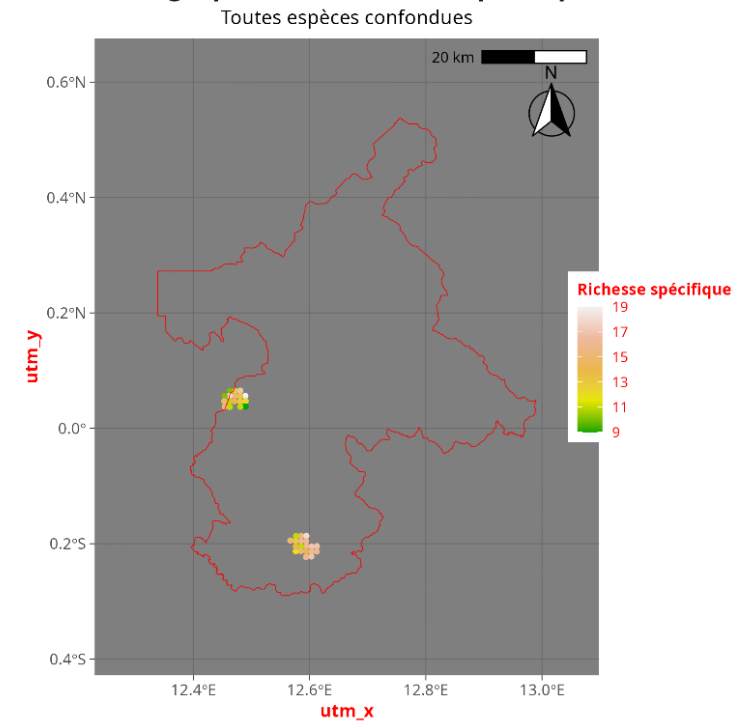
Calcul du **rythme**
d'activité des espèces

Production de cartes de répartition de richesse spécifique et d'observations d'espèces

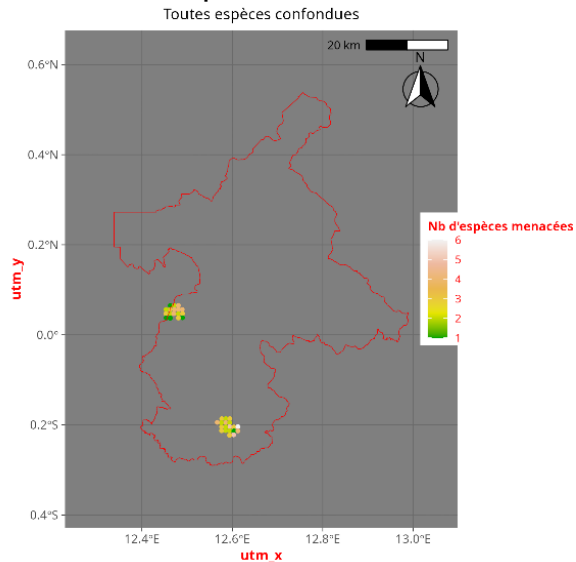
Cartographie des observations de l'espèce *Bdeogale nigripes*



Cartographie de la richesse spécifique



Cartographie des observations d'espèces au statut IUCN 'EN' et/ou 'CR' et/ou 'VU'



Merci pour votre attention !

Avez-vous des questions ?

Contact : Simon.Lhoest@uliege.be

