



**HAL**  
open science

# Proposition d'une nouvelle approche d'estimation d'éléphants basée sur les algorithmes de l'Intelligence Artificielle dans les forêts gabonaises

Djes-Frésy Bilenga Moukodouma, Christophe Denis, Donald Romarick  
Rotimbo Mbourou, Christiane Atteke Nkoulembene

## ► To cite this version:

Djes-Frésy Bilenga Moukodouma, Christophe Denis, Donald Romarick Rotimbo Mbourou, Christiane Atteke Nkoulembene. Proposition d'une nouvelle approche d'estimation d'éléphants basée sur les algorithmes de l'Intelligence Artificielle dans les forêts gabonaises. Journée de la Recherche Technologique, de l'Innovation et du Développement durable, Institut de recherche technologique (IRT); Centre national de la recherche scientifique et technologique (Cenarest), Jul 2023, Libreville, Gabon. hal-04180797

**HAL Id: hal-04180797**

**<https://hal.science/hal-04180797>**

Submitted on 13 Aug 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

# Proposition d'une nouvelle approche d'estimation d'éléphants basée sur les algorithmes de l'Intelligence Artificielle dans les forêts gabonaises



**Djes-Frésy BILENGA MOUKODOUMA (LARME & UMMISCO),**  
*(Doctorant)*

**Dr Christophe DENIS (LIP6 & UMMISCO),**  
*(Maître de Conférences HDR)*

**Dr Donald Romarick ROTIMBO MBOUROU (LARME),**  
*(Assistant)*

**Dr Christiane ATTEKE NKOULEMBENE (Dpt de Biologie - USTM)**  
*(Maître de Conférences)*





# PLAN

## **I - Introduction**

## **II - Inventaire des méthodes empiriques de comptages**

## **III - L'Intelligence Artificielle : Une technologie d'estimation innovante**

## **IV - Conclusion**

## □ Contexte général :

- La déforestation, le braconnage et les changements climatiques sont des phénomènes qui impactent les forêts du Bassin du Congo [1-3].

## □ Contexte spécifique :

- Tous ces phénomènes ont un impact considérable sur les forêts du Bassin du Congo en général et les forêts gabonaises en particulier. Ces impacts se font ressentir même sur le nombre d'éléphants et leur répartition [4]

## □ Problématique :

- Face à cela, il devient important pour le Gabon de multiplier les études d'estimations des populations d'éléphants.

## ❑ Solutions proposées :

- Pour évaluer les populations de grands mammifères, de nombreuses méthodes de comptages ont été développées et utilisées depuis plusieurs décennies [5].

## ❑ Limites :

- Bien qu'utiles chacune à son niveau d'utilisation, toutes ces méthodes d'estimations présentent des limites. Les principales difficultés rencontrées sont les coûts, souvent onéreux qu'elles nécessitent [6], la forte mobilisation humaine [34], et une dépense d'énergie et de temps importante [7].

## ❑ Réponse :

- Les acteurs de la biodiversité au Gabon pourraient ainsi faire recours à l'Intelligence Artificielle (IA).

## ❑ Objectifs :

- Faire un état des lieux sur les méthodes traditionnelles de comptages puis présenter une nouvelle approche d'estimation d'éléphants basée sur l'IA.

# 1) Comptage direct

Le comptage direct est une méthode empirique qui existe depuis plusieurs décennies. C'est la plus ancienne des méthodes de comptage d'éléphants [8]. Elle s'articule en quatre principales étapes (*Figure 1*).

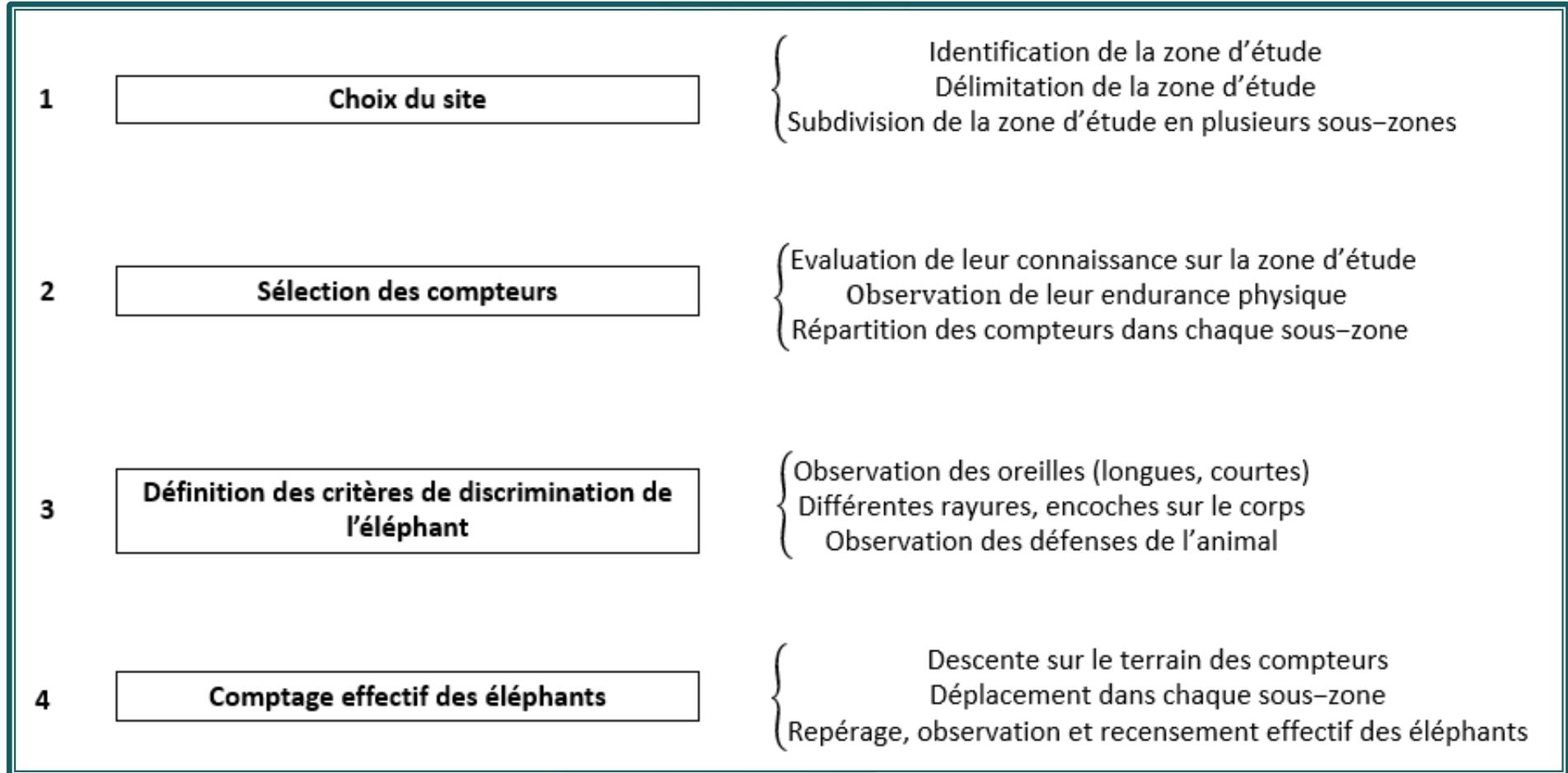
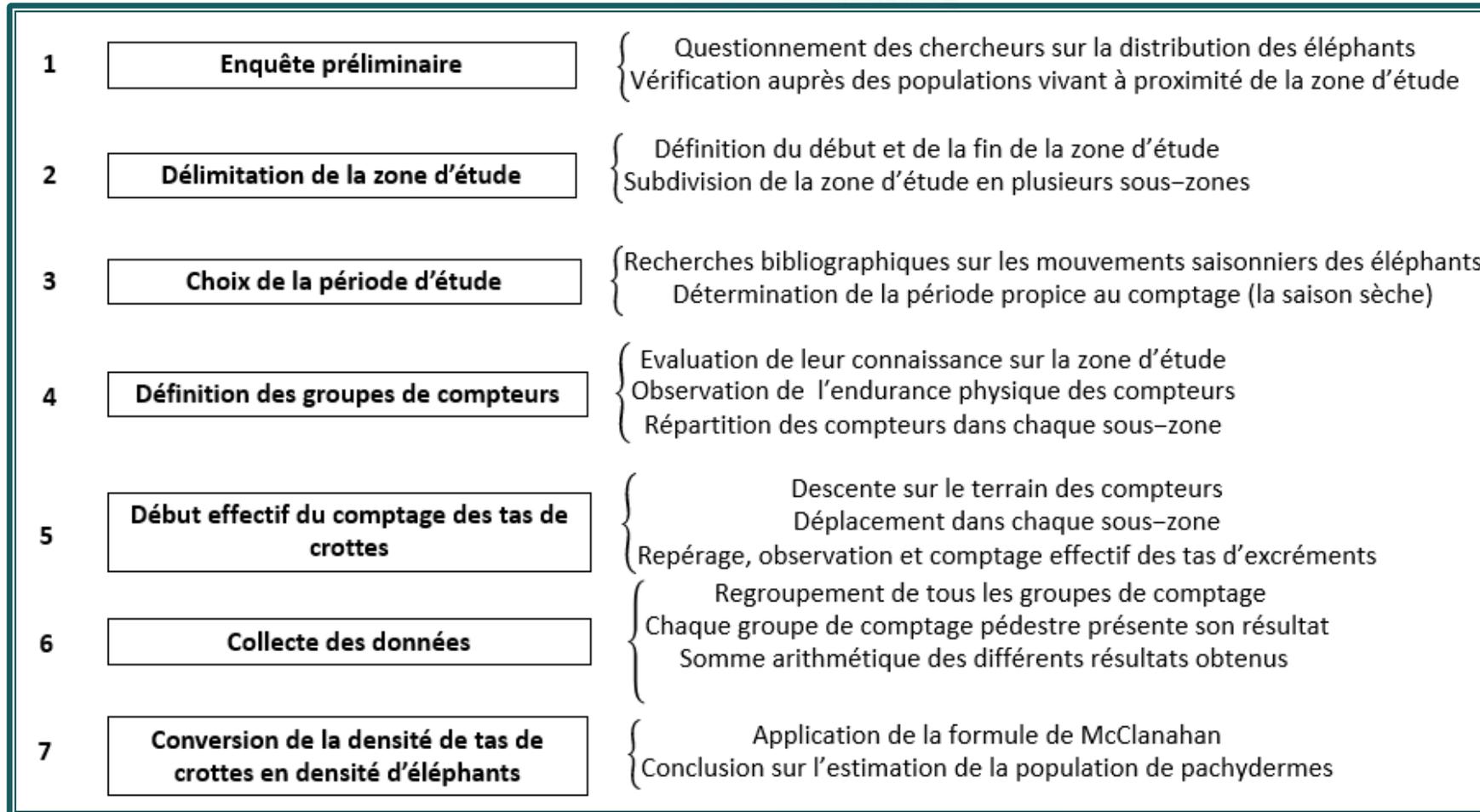


Figure 1 : Etapes de la méthode de comptage direct.

## 2) Comptage de tas de crottes d'éléphants

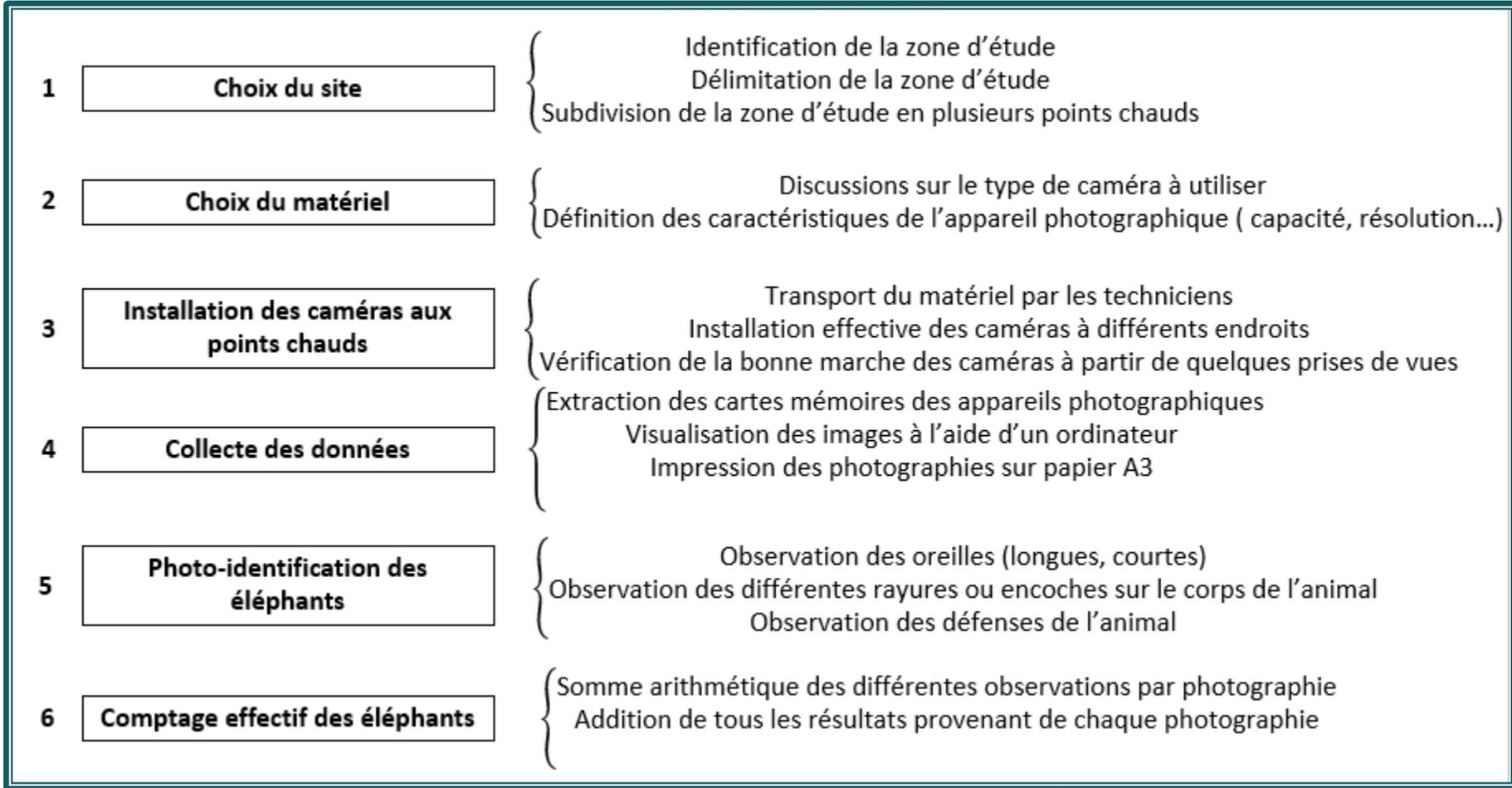
Généralement utilisée quand le comptage direct des pachydermes n'est pas possible [10], la méthode de comptage de bouses d'éléphants est l'une des méthodes très utilisées dans de nombreuses études, depuis une vingtaine d'années [11,12]. Cette méthode obéit à quelques étapes essentielles (*Figure 2*).



*Figure 2 : Etapes de la méthode de comptage de tas de crottes d'éléphants.*

### 3) Pièges photographiques

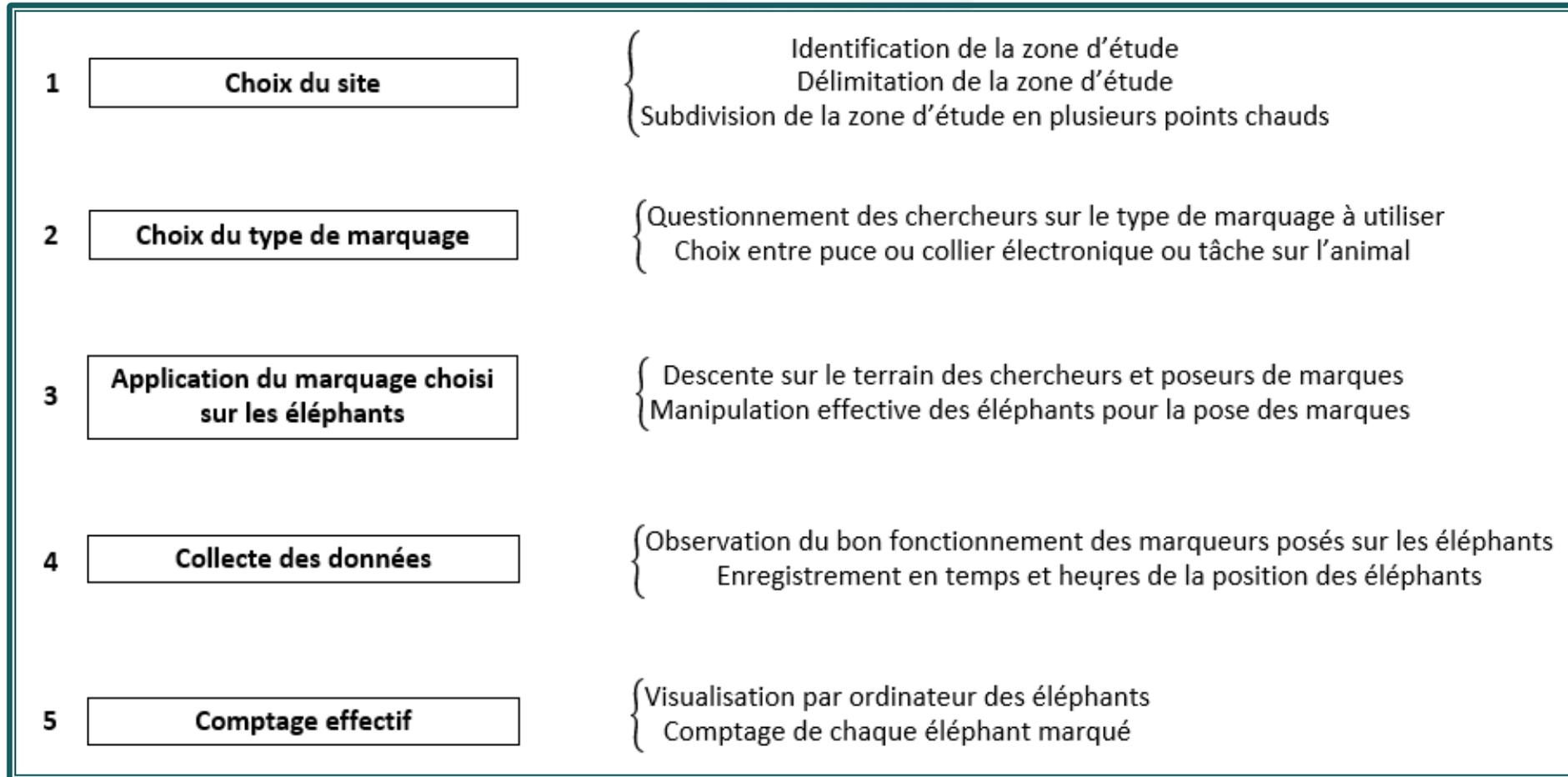
Encore appelée la méthode des caméras piégées, cette approche d'estimation de populations de grands mammifères a vu le jour à partir environ des années 2000 [12]. Elle comprend principalement six étapes (*Figure 3*).



*Figure 3 : Etapes de la méthode de comptage basée sur les pièges photographiques.*

## 4) Marquage au sol

La technique du marquage au sol consiste comme son nom l'indique à marquer l'animal. La méthode du marquage au sol comprend cinq principales étapes (*Figure 4*).



*Figure 4: Etapes de la méthode de comptage basée sur le marquage au sol des éléphants.*

## 5) Comptage aérien

L'estimation de la population d'éléphants dans une région donnée par la technique du comptage aérien requiert un certain nombre d'étapes (*Figure 5*).

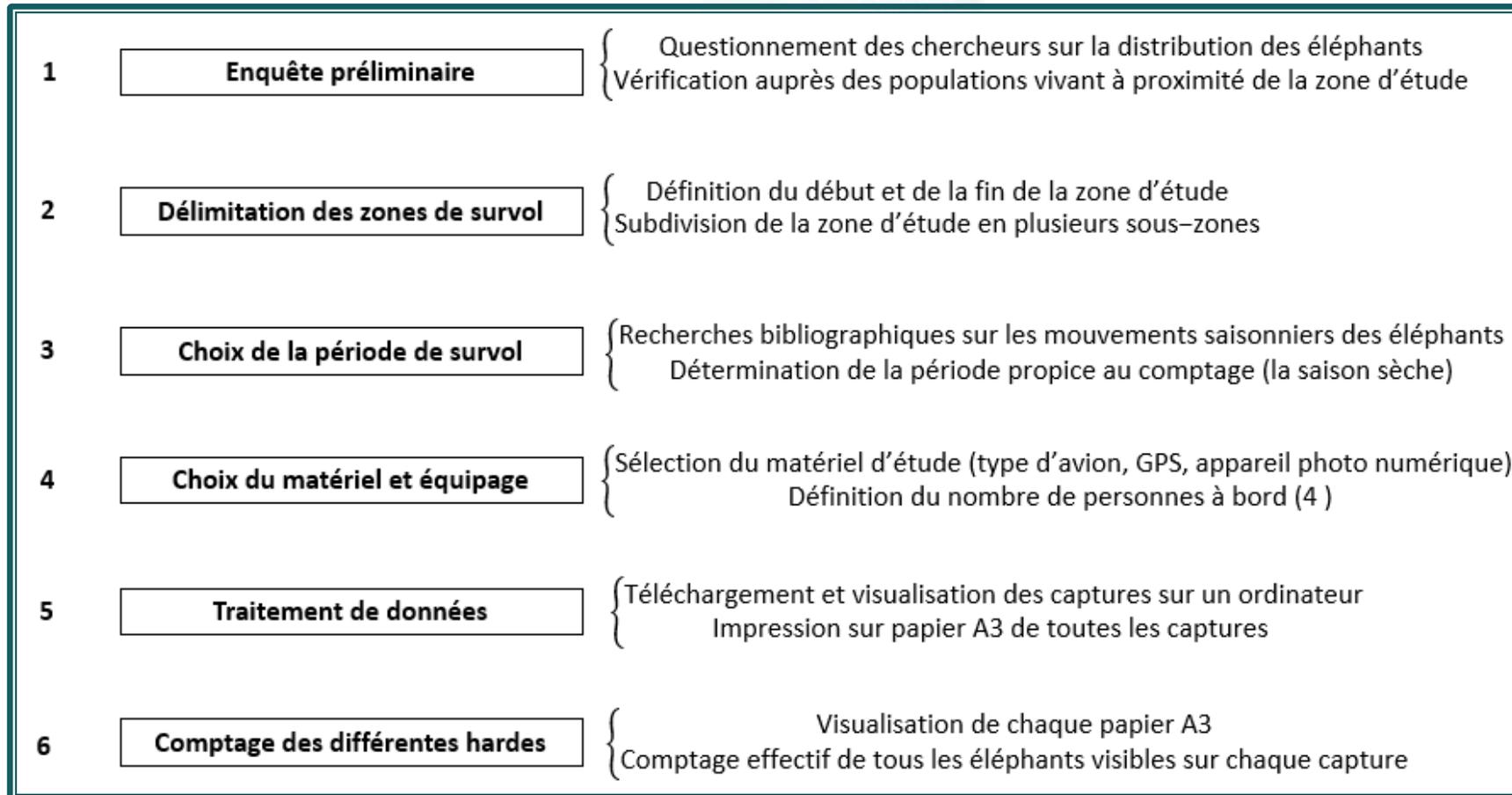


Figure 5 : Etapes de la méthode de comptage aérien des éléphants.

## 6) Captage et recaptage d'ADN fécal (1/2)

L'estimation des populations d'éléphants peut également être réalisée à partir de l'utilisation de l'ADN des éléphants [13,14]. Il est question ici d'extraire l'ADN de l'éléphant à partir de ses excréments [15].

Cette méthode a le mérite de ne plus mettre le chercheur dans une situation dans laquelle sa vie serait menacée car il se retrouverait en face d'un grand mammifère [16].

Les chercheurs prélèvent juste l'ADN fécal de l'éléphant et réalisent toutes les analyses à partir de ce dernier. Cependant, avant d'arriver à cette étape d'analyse, la méthode suit un certain nombre d'étapes essentielles pour sa bonne (Figure 6).

## 6) Captage et recaptage d'ADN fécal (2/2)

1	Choix du site	{ Identification de la zone d'étude Délimitation de la zone d'étude Subdivision de la zone d'étude en plusieurs points chauds
2	Echantillonnage des tas d'excréments	{ Observation de la couleur du tas de crottes et inhalation de son odeur Observation d'empreintes récentes d'éléphants Sélection des tas d'excréments des tas d'excréments datant de moins de 24h
3	Traitement du Boli	{ Conservation à l'abri de la lumière Frottement délicat de la surface extérieure du Boli à l'aide d'un écouvillon buccal Isohélix
4	Extraction de l'ADN	{ Usage du kit QIAmp Fast DNA Stool Mini Kit (Qiagen) Usage du kit d'extraction Isohélix
5	Discrimination des échantillons	{ Contrôle de contamination à l'aide des blancs d'extraction d'ADN Conservation des échantillons produisant une quantité minimale d'ADN d'éléphant
6	Réalisation des génotypages	{ Application du test Kompetitive Allele Specific PCR (KASP) Calcul de la probabilité d'identité entre individus non apparentés et entre frères et soeurs
7	Estimation de la population d'éléphants	{ Ajustement des modèles de capture-recapture basés sur la vraisemblance Usage de la bibliothèque secr (version 4.2.2) sous l'environnement R Conclusion sur l'estimation de la population

Figure 6 : Etapes de la méthode de comptage basée sur les captures-recaptures de l'ADN fécal des éléphants.

## □ Année d'apparition :

- Née au début des années 1960, l'Intelligence Artificielle est une idée du mathématicien américain Arthur Samuel [36].

## □ Idée de base :

- En réalité il cherchait à avoir une machine intelligente capable d'apprendre d'elle-même les calculs à effectuer. Il réussit à développer ainsi un programme pouvant apprendre tout seul comment jouer au jeu de dames.

# 1) Bref historique de l'Intelligence Artificielle (I.A.) (2/2)

## □ Domaines d'applications :

- Aujourd'hui, l'IA est très répandue et permet de résoudre de nombreux problèmes dans le quotidien des hommes.
- Dans le secteur de la santé par exemple, les modèles IA ont permis de prédire et évaluer l'évolution des cas de personnes atteintes de la covid-19 [18].
- Pour les structures commerciales, les modèles I. A. ont permis de prédire la vente des produits glacés en fonction de la température, ce qui leur a permis de mieux organiser leurs ventes et d'accroître par conséquent leur chiffre d'affaires [19].
- Depuis des décennies de nombreux chercheurs s'activent à étudier le réchauffement climatique en s'appuyant sur des algorithmes d'apprentissage automatique [20,21,22].
- Récemment, des études d'estimations d'animaux comme les requins baleines [23], les tigres [24] et même les éléphants d'Afrique [25] ont été réalisées à partir des outils de l'Intelligence Artificielle.

## 2) Proposition d'une nouvelle stratégie de comptage de populations de pachydermes

□ La nouvelle approche de comptage d'éléphants pourrait prendre appui sur les algorithmes du Machine Learning. Mais elle sera précédée au départ d'une réalisation du dataset (ensembles des données utiles pour la mise en place du modèle IA. Le modèle IA à développer comprend principalement 6 étapes que sont :

- 1 Importation des bibliothèques utiles en machine sous Python:pandas, numpy;
- 2 Visualisation du dataset : Observer les premières et dernières lignes du tableau ;
- 3 Analyse statistique: nombre de valeurs uniques, fréquentes, moyenne, variance, écart-type;
- 4 Préparation des données: Traitement des valeurs manquantes (NaN), Transformations des données de type object en type numérique;
- 5 Déclaration du modèle de Machine Learning: Déclaration des variables explicatives et de la variable cible , data split, usage d'un algorithme de ML(LinearRegression, KNN, SVM, Random-Forest);
- 6 Evaluation du modèle: Application de test de performance du modèle (généralisation du modèle). Certains métriques comme le RMSE, MSE ou MAE peuvent être utilisés.

- ❑ L'actuelle étude montre que **le recensement et le suivi de la faune demeure un enjeu majeur pour les acteurs de la conservation de la biodiversité**. L'analyse des méthodes d'estimations d'éléphants révèlent que **la méthode de comptage de tas d'excréments est la plus utilisée** depuis des décennies bien qu'elle nécessite beaucoup d'efforts physiques et un grand échantillonnage, tout comme **la méthode d'analyse d'ADN fécal qui semble par contre fournir de meilleurs résultats**. La méthode par comptage aérien a elle aussi fait ses preuves mais reste peu précise lorsque l'habitat des éléphants est très fermé.
- ❑ Ainsi, **le développement de nouvelles approches** axées sur l'utilisation des algorithmes d'apprentissage machine **peut être une véritable option** à explorer afin de pallier l'absence récurrente d'enquêtes de suivi des grands mammifères. Une fois la base de données des variables explicatives (taux de défécation, taux de dégradation, type de forêt, géolocalisation, nombre d'éléphants au km, type de saison) construite, s'en suivra simplement une programmation informatique dans un environnement comme Jupyter Notebook.

- ❑ Le Gabon devrait par conséquent s'intéresser de plus près aux différentes applications de l'intelligence artificielle dans le suivi de la faune. Et les faits donnent raison de croire en elle puisque les avancées technologiques de l'apprentissage machine ont déjà permis de prédire une variable très importante pour la caractérisation du climat : l'évolution de la température globale de la terre.
- ❑ Il semblerait donc que les algorithmes de l'intelligence artificielle soient prêts à donner un véritable coup de pouce aux méthodes traditionnelles d'estimations de populations d'éléphants.

## Quelques références bibliographiques (1/3)

- [1] *E.M.S., Belle, N. D., Burgess, M., Misrachi*, Impacts du changement climatique sur la biodiversité et les aires protégées en Afrique de l'Ouest, Résumé des résultats du projet PARCC, Aires protégées résilientes au changement climatique en Afrique de l'Ouest. Rapport UNEP-WCMC, Cambridge, Royaume-Uni :52p, 2016.
- [2] *M., Grooten, R. E. A., Almond*, Living Planet Report 2018: Summary. Wwf, 2018.
- [3] *CITES*, Elephant conservation, illegal killing and ivory trade, Geneva, Switzerland, 2019.
- [4] *M., Kermabon*, Vers une atténuation des conflits hommes-éléphants: Cas de l'aire protégée de Moukalaba-doudou au Gabon, Mémoire de recherche, Université de Le Mans, 2022.
- [5] *S.Y.S., Chui, L., Karczmarski*, Every one matters: Identification with facial wrinkles allows more accurate inference of elephant social dynamics, Mammalian Biology, July 2022.
- [6] *A., Laguardia, K. S., Gobush, S., Bourgeois, S., Strindberg, G., Abitsi, F., Ebouta, J. M., Fay, A. M., Gopaldaswamy, F., Maisels, R., Ogden, L. J. T., White*, Assessing the feasibility of density estimation methodologies for African forest elephant at large spatial scales, Global ecology and Conservation No.27, 2021.
- [7] *P., Bouché, P., Lejeune, C., Vermeulen*, How to count elephants in West African savannahs? Synthesis and comparison of main gamecount methods, Biotechnology, Agronomy, Society and Environment, No.16, 77-91, 2012.

## Quelques références bibliographiques (2/3)

- [8] *B., Wursig, T. A., Jeferson*, Methods of photo-identification for small cetaceans, Rep Int Whal Comm 12: 43-52,1990.
- [9] *M., Bechem, S., Luhunu*, Elephants surveys in Central African forests, Pachyderm No.47, 2010
- [10] *M., Thibault, P. D., Walsh, D., Idiata*, Inventaire des grands mammifères dans le complexe d'aires protégées en 1998 et 1999, Rapport préliminaire WWF,WCS, Juin 2001.
- [11] *S., Blake*, Monitoring of the Illegal Killing of Elephants(MIKE) in Central African forests:Population surveys, Final report, 2005.
- [12] *S., Schneider, G. W., Taylor, S., Linqvist, S. C., Kremer*, Past, present and future approaches using computer vision for animal re-identification from camera trap data, Methods Ecology Evolution, 2019.
- [13] *S., Hedges, F., Maisels, S., Blake*, Estimating absolute densities of elephant populations using dung counts along line transects: Field methods, Monitoring Elephants Populations and Assessing Threats, 2012.
- [14] *J. S., Head, C., Boesch*, Effective sociodemographic population assessment of elusive species in ecology, 2013.
- [15] *J., Poulsen, E., Mills, A., Meier*, Gabon Parks Elephant Collaring Program 45, 2016.
- [16] *L., Ekomba Ndombe*, Conflit homme-faune : Un homme et une femme mortellement agressés par des éléphants, Union du 27 Janvier 2023.
- [17] *G., Saint-Cirgue*, Apprendre le Machine Learning en une semaine, 2019.

## Quelques références bibliographiques (3/3)

- [18] K., Bhanu Prakash, S., Sagar Imambi, Analysis Prediction and Evaluation of COVID 19, 2020.
- [19] S., Rong, Z., Bao-Wen, The research of regression model in machine Learning field, MATEC Web, 2018.
- [20] A., Abubakar, H., Chiroma, A., Zeki, M., Uddin, Utilising key climate element variability for the prediction.
- [21] R., Knutti, T., Slocker, F., Joos, G. K., Plattner, Probabilistic climate change projections using neural networks, Climate Dynamics, 2003.
- [22] T. C. K., Lee, F. W., Zwiers, X., Zhang, Evidence of decadal climate prediction skill resulting from changes in anthropogenic forcing, Journal of Climate, 2006.
- [23] E., McCoy, R., Burce, D., David, EQ., Aca, J., Hardy, J., Labaja, S. J., Snow, A., Ponzo, G., Araujo, Long-term photo-identification reveals the population dynamics and strong site fidelity of adult whale sharks to coastal waters of Donzol, Philippines. Front. Mar.Sci.5,271, 2018.
- [24] C., Shi, D., Liu, Y., Cui, J., Xie, N. J., Roberts, G., Jiang, Amur tiger stripes: Individual identification based on deep convolutional neural network. Int Zool 15(6):461-470, 2020.
- [25] H., Weideman, C., Stewart, J., Parham, J., Holmberg, K., Flynn, J., Calambokidis, D. B., Paul, A., Bedetti, M., Henley, F., Pope, J., Lepirei, Extracting identifying contours for African elephants and hump back whales using a learned appearance model. In Proceedings of the IEE/CVf Winter Conference on applications of Computer vision/ pp 1276-1285, 2020.

**MERCI INFINIMENT POUR  
VOTRE ATTENTION**

**REMARQUES**

**QUESTIONS**

**SUGGESTIONS**

