



BOOCs
EPFL

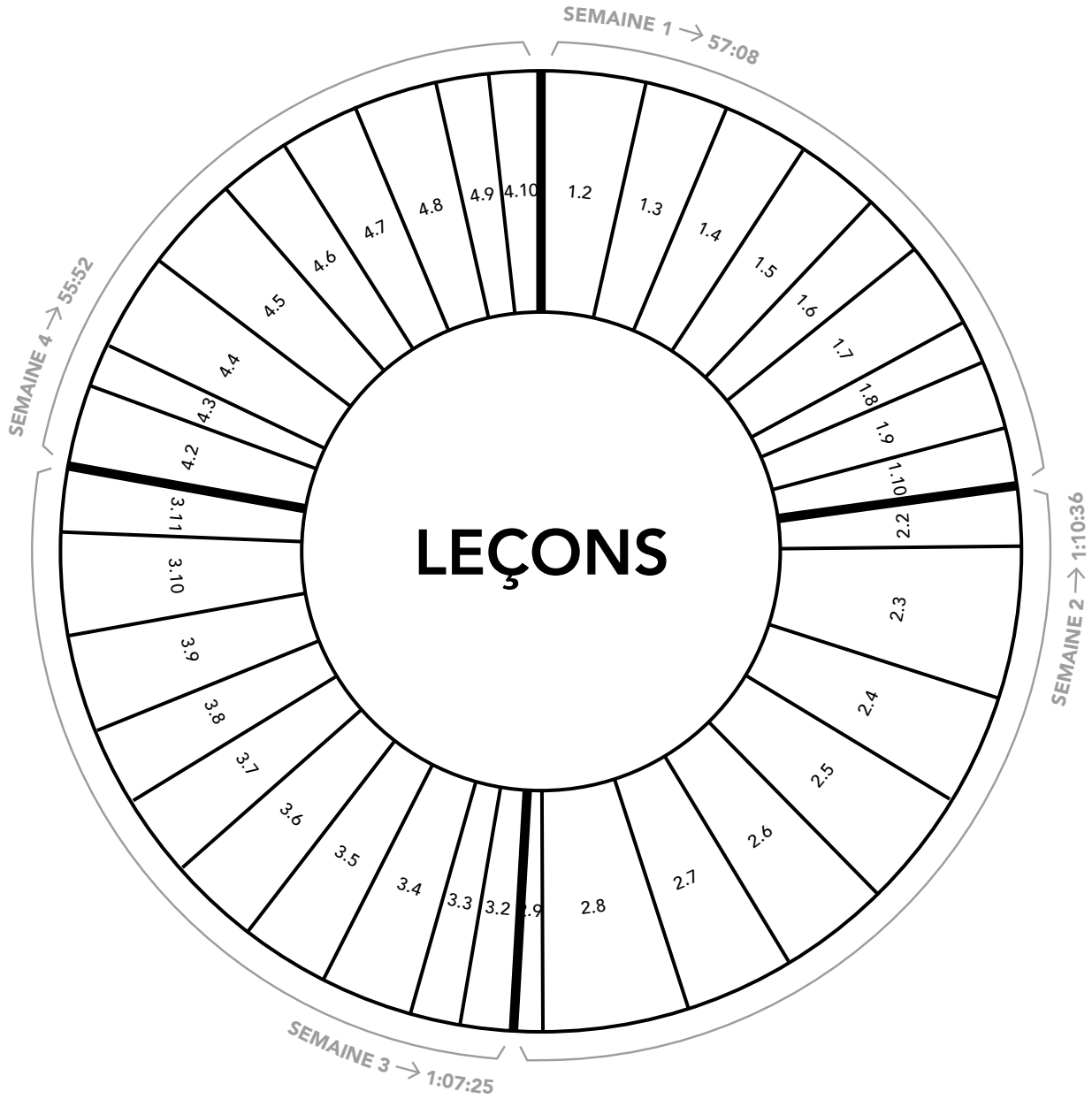
Suivi écologique
Geoffroy Mauvais, Béatrice Chataigner,
Victor M. Panaretos, Emmanuel
M. Hema et Inza Kone



GESTION DES AIRES PROTÉGÉES EN AFRIQUE: **SUIVI ÉCOLOGIQUE**



**Geoffroy Mauvais,
Béatrice Chataigner,
Victor M. Panaretos,
Emmanuel M. Hema
et Inza Kone**





CONTENU

SEMAINE 1: LE SUIVI ÉCOLOGIQUE ET SA CONCEPTION

1.2 Le suivi écologique: pour quoi faire ?	4
1.3 Qu'est-ce que le suivi écologique ?	6
1.4 Qu'est-ce qu'on en fait ?	7
1.5 Valeurs et attributs écologiques	8
1.6 Quelle méthode utiliser ?	9
1.7 Quel plan d'échantillonnage faut-il faire ?	10
1.8 Un suivi efficace au meilleur coût	11
1.9 Collecte et analyse des données	12
1.10 Synthèse: plan du suivi écologique	13

SEMAINE 2: STATISTIQUES

2.2 Notions statistiques générales	14
2.3 Synthèses numériques	15
2.4 Les synthèses graphiques	17
2.5 Modèles de distribution la population	19
2.6 Estimation ponctuelle	21
2.7 Intervalles de confiance	22
2.8 Test d'hypothèses	24
2.9 La méthode de Jolly	25

SEMAINE 3: TECHNIQUES

3.2 Notions d'écologie utiles (partie 1)	26
3.3 Notions d'écologie utiles (partie 2)	27
3.4 Suivi des facteurs abiotiques du milieu	28
3.5 Suivre la biodiversité végétale terrestre	29
3.6 Méthodes de suivi direct des grands mammifères	31
3.7 Méthodes de suivi indirect des grands mammifères	33
3.8 Suivi des carnivores	34
3.9 Le suivi des populations de primates	35
3.10 Dénombrement aérien	36
3.11 Suivi des animaux à déplacements	37

SEMAINE 4: EXEMPLES DE SUIVI ÉCOLOGIQUE

4.2 Les échelles du SE	38
4.3 Suivi écologique des conservancies NRT	39
4.4 Exemple de SE de la FCRGN au Burkina Faso	40
4.5 Aires marines protégées	41
4.6 Exemple de SE en milieu forestier: le cas du Parc national de Taï en Côte d'Ivoire	42
4.7 Exemple de SE en milieu savanicole: le cas du Parc national de la Comoé en Côte d'Ivoire	43
4.8 Suivi des populations d'oiseaux d'eau	44
4.9 Le suivi écologique des éléphants	45
4.10 20 règles d'or	46

1.2 LE SUIVI ÉCOLOGIQUE : POUR QUOI FAIRE ?

Aire protégée (AP): un espace géographique clairement défini, reconnu, consacré et géré, par tout moyen efficace, juridique ou autre, afin d'assurer à long terme la conservation de la nature et des services écosystémiques et des valeurs culturelles qui lui sont associés.

Valeur d'une aire protégée: éléments que cherche à conserver une AP. Souvent des espèces – animales ou végétales – et des écosystèmes

RÔLE DU SUIVI ÉCOLOGIQUE

Le rôle premier du suivi écologique (SE) est de renseigner sur les espèces et les écosystèmes d'une AP afin d'orienter les actions de gestion. Sur cette base, il va mesurer les variations dans l'espace et dans le temps, à court, moyen ou long terme. Il permet de comprendre les interactions, de mesurer les impacts des pressions/menaces et sensibiliser la population à la conservation.

AIRES PROTÉGÉES : UN CADRE FAVORABLE AU SE

«Un espace défini»: l'AP renferme des processus écologiques entiers ou suffisamment représentatifs, ce qui en fait un territoire particulièrement fructueux pour la mise en place du SE.

«Un espace géré»: elle offre une bonne base de travail avec des moyens et des infrastructures, parfois du personnel disponible et qualifié.

«Conservation à long terme»: elle permet la mise en place d'un suivi dans le long terme, ce qui permet de fournir des données historiques et de renforcer les connaissances.

SE ET PLAN DE GESTION

La gestion d'une AP est organisée selon un plan de gestion, établi de façon participative, autour d'objectifs clairs, d'activités concrètes et de responsabilités assignées. Le SE doit être intégré à la préparation de ce plan pour assurer la sélection d'indicateurs pertinents et garantir une bonne mise en œuvre. Le SE doit impérativement être discuté, partagé et compris par tous ceux et celles qui auront à l'exécuter, et le gestionnaire du parc doit se l'approprier dès sa conception. Le suivi fait également partie du processus d'évaluation de l'efficacité du site suivant le raisonnement de la figure 1.

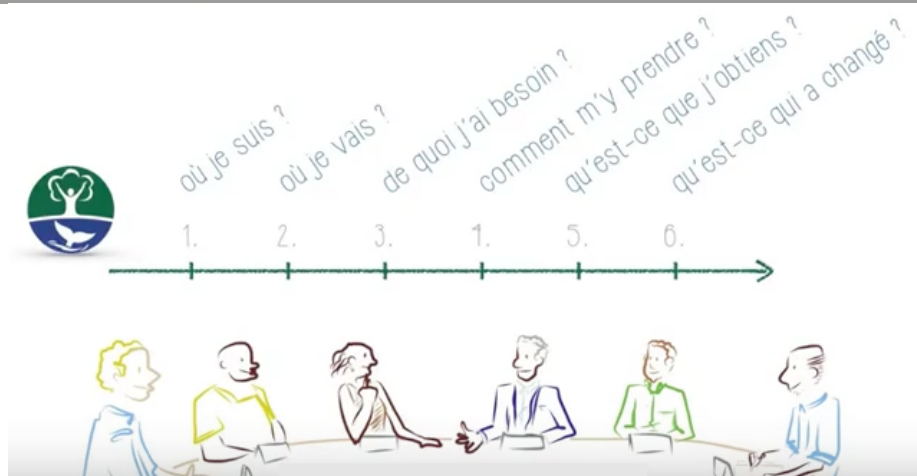


FIGURE 1



BOOCs
EPFL

Suivi écologique

Geoffroy Mauvais, Béatrice Chataigner,
Victor M. Panaretos, Emmanuel
M. Hema et Inza Kone



5

INTÉRÊT FINANCIER

Le suivi est aussi un puissant outil de collecte de financement pour l'AP. En fournissant une information fiable et transparente sur l'état de conservation et les progrès effectués, il permet de justifier l'emploi des fonds reçus.

INTÉRÊT POUR LE PERSONNEL

- Vecteur d'organisation interne: Le SE renforce la collaboration entre les services d'une AP (administration, recherche, surveillance, etc.), il est en effet pluridisciplinaire et son succès dépend de tous.
- Motivation du personnel: Il permet de responsabiliser les gardes, les éco-guides, les volontaires etc., et de les inclure dans la gestion non pas comme simples exécutants mais comme pourvoyeurs de données au cœur du système de décision.
- Formation du personnel: En donnant accès à de nouveaux matériels comme les *cyber-trackers* ou les GPS, le SE permet d'élargir le champ des compétences des agents. Les acteurs sont également au contact de chercheurs, ce qui développe leurs connaissances personnelles.

1.3 QU'EST-CE QUE LE SUIVI ÉCOLOGIQUE ?

Le suivi repose sur une série de collectes de données répétées dans le temps. Il a un objectif spécifique et répond à une question de type « quel est l'état du parc au fil des saisons ? » Le SE peut être classé en trois catégories :

- le suivi par curiosité: orienté vers une meilleure connaissance du milieu, sans nécessairement avoir un problème à résoudre ;
- le suivi obligatoire: suivi régulier d'indicateurs ayant un caractère quasi indispensable pour la gestion ;
- le suivi orienté: répond à un problème précis et est donc développé spécifiquement en relation avec ce problème.

INVENTAIRE

L'inventaire est une forme de recensement. Il ne cherche pas à répondre à une problématique définie, mais simplement à renseigner sur l'état d'un milieu à un instant T. Il peut être qualitatif (quelles espèces existent dans mon AP) ou quantitatif (combien d'individus de cette espèce existent). L'information minimale tirée d'un inventaire est de type « présence/absence », comme l'existence d'une espèce donnée à un endroit précis et à un moment défini.

SURVEILLANCE

Dans le contexte de la conservation, le terme revêt deux aspects :

- descriptif: un programme d'inventaires systématiquement répétés afin de fournir des séries temporelles de mesures, sans idée préconçue sur l'évolution des paramètres mesurés ;
- de contrôle: a trait au contrôle des activités qui se déroulent dans le parc, par exemple la lutte contre le braconnage.

Il est important de faire la distinction entre suivi et surveillance. Le suivi est développé en fonction d'un objectif – il permet de répondre à une question de gestion. La surveillance, quant à elle, peut n'être que la répétition d'une collecte de données dont l'utilisation se fera ultérieurement si ces données s'avèrent utiles.

RECHERCHE

Un programme de recherche se base sur une hypothèse de départ et vise à démontrer sa validité, après traitement des données et analyse des résultats. Une partie peut être expérimentale et s'éloigner de la collecte de données de terrain. La recherche est donc une composante importante du plan de gestion mais dépasse les seuls besoins de la gestion de l'AP.



1.4 QU'EST-CE QU'ON EN FAIT ?

AVOIR UNE CONNAISSANCE PRÉCISE DU TERRITOIRE

- Suivi des espèces : Le SE permet de connaître les espèces de faune et de flore peuplant l'AP.
- Mesurer les changements induits au territoire : Connaître l'état initial du milieu est essentiel à l'identification des changements subis ou induits par la gestion, mais cet « état 0 » n'a qu'une valeur relative s'il n'est pas relié à l'état optimal dans lequel l'AP devrait se trouver.

Sur la base de cette connaissance affinée du territoire, le suivi aide à :

- déterminer les valeurs patrimoniales de l'AP sur lesquelles les actions devront porter ;
- identifier les pressions et les menaces pesant sur ces valeurs, leur périmètre, leur importance, leur évolution ;
- renseigner sur les interactions qui existent entre tous les facteurs identifiés, biotiques et abiotiques, dans l'espace et dans le temps ;
- renseigner sur l'évolution des indicateurs qui permettront de mesurer la protection des valeurs face aux pressions et aux menaces.

SE ET PLAN DE GESTION

Le plan de gestion intègre une partie décrivant le SE. Il est essentiel de réfléchir à cette partie en fonction des besoins, des compétences et des moyens. Il va en particulier :

- vérifier que les espèces présentant un intérêt particulier demeurent dans les limites acceptables pour leur conservation ;
- aider à comprendre si les pressions et les menaces sont contrôlées et réorienter la gestion en fonction des changements détectés ;
- prioriser les moyens alloués à la conservation en fonction de leur efficacité et des pressions qui émergent, communiquer sur les succès enregistrés et apprendre des erreurs commises ;
- mesurer directement la capacité du gestionnaire à réaliser le plan et atteindre les résultats prévus et fournir une évaluation objective de la qualité de son travail ;
- montrer la collaboration nécessaire entre gestionnaires et scientifiques pour aboutir à la meilleure gestion adaptative possible.

LE SE EST UN INVESTISSEMENT À LONG TERME

L'impact du SE n'est pas visible dans l'immédiat, et pour cela il peut être perçu comme ayant un mauvais rapport coût/bénéfice. Mais il est important de développer une réflexion menant à des actions favorables à la survie de l'écosystème sur le long terme.

1.5 VALEURS ET ATTRIBUTS ÉCOLOGIQUES

ATTRIBUT ÉCOLOGIQUE CLÉ (AEC)

Attribut écologique clé: *il est formé à partir des caractéristiques essentielles de l'écologie d'une valeur, et l'altération de ses caractéristiques provoque la perte de la valeur.*

Trois principales catégories d'attributs écologiques caractérisent les espèces et leur habitat :

- la taille de l'aire de répartition ou l'abondance de la valeur considérée sur le territoire ;
- la condition de la valeur mesurant sa composition biologique, sa structure et les interactions qui la caractérisent ;
- le contexte dans lequel évolue la valeur.

DÉFINITION DES INDICATEURS

Les attributs sont des descripteurs trop vagues pour être mesurés de manière efficace et à moindre coût. Il est donc nécessaire de définir des indicateurs pertinents renseignant sur l'état des attributs au cours du temps. Un bon indicateur doit être :

- mesurable (quantitativement ou qualitativement) par des procédures qui produisent des informations fiables, répétables et précises ;
- prévisible dans le temps, c'est-à-dire que l'indicateur doit avoir la même signification pour tout le monde au cours du temps ;
- spécifique: l'indicateur est toujours associé à l'attribut écologique concerné de façon non ambiguë et il n'est pas affecté significativement par d'autres facteurs ;
- sensible et varier de manière significative (donc détectable) en réponse aux variations des menaces ou des actions de conservation ;
- propice à la détection et la réaction rapide des changements de l'attribut écologique qu'il mesure, de façon à permettre de prendre les mesures de gestion adéquates à temps ;
- facile à collecter sans qu'il y ait besoin de plusieurs opérateurs ni de matériel coûteux, et avoir le meilleur rapport coût/efficacité possible ;
- un outil de communication des résultats, et donc être facilement compréhensible de façon à permettre au public d'appréhender la santé de l'AP à travers ses attributs.

Une fois l'indicateur identifié, il faut déterminer son état actuel qui servira d'état de référence, puis définir l'état souhaité. Ainsi, les résultats du SE peuvent être analysés au regard de l'état initial des valeurs et des objectifs de conservation, et la gestion peut être orientée en fonction.

Le niveau acceptable de variation est la marge de fluctuation des indicateurs dans un domaine acceptable. Ces seuils de variation permettent de définir un niveau normal de changement de la valeur considérée, et donc de définir quel niveau d'altération de l'attribut écologique sera considéré comme trop important, et nécessitera donc une action de gestion corrective.

Les étapes visant à déterminer les indicateurs à suivre pour le SE sont les suivantes :

- identifier les attributs écologiques clés de chaque valeur ;
- sélectionner les indicateurs pertinents pour chaque attribut et caractériser l'état de référence de l'attribut en observant son indicateur ;
- déterminer les niveaux acceptables de variation de ces indicateurs.



1.6 QUELLE MÉTHODE UTILISER ?

La méthode à adopter pour effectuer les mesures sur le terrain dépend de l'AEC à mesurer, et donc de ses caractéristiques écologiques. Cette méthode doit être suffisamment sensible, et pouvoir détecter de façon fine les variations de l'AEC.

MÉTHODES DIRECTES ET INDIRECTES

- Les méthodes directes visent l'attribut lui-même (par ex. le nombre d'individus d'une espèce).
- Les méthodes indirectes visent une variable liée à l'attribut (par ex. le nombre de traces au sol, de nids, de dégâts sur les arbres, etc.).

DIFFÉRENTES FORMES DE DONNÉES COLLECTÉES

Quelle que soit la méthode utilisée, les données collectées peuvent être :

- qualitatives : de type « présence/absence » ou rangées sous forme de classes telles que : « rare, occasionnel, fréquent, abondant », etc. ;
- quantitatives : ces données sont plus précises mais nécessitent plus d'effort à collecter.

UNE MÉTHODE FIABLE

Le choix de la méthode de comptage dépend aussi de sa fiabilité compte tenu du contexte de l'AP. Il faudra donc choisir la méthode engendrant le moins de biais de mesure possible. Certains biais sont inévitables et il est important d'estimer leur éventuel impact (ou non) sur la validité des résultats finaux du SE. Il est donc essentiel d'avoir identifié toutes les sources possibles de biais au préalable, afin de les contrôler ou de les réduire si possible.

1.7 QUEL PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE FAUT-IL FAIRE ?

L'échantillonnage permet de procéder à l'étude d'une portion de la valeur suivie (l'échantillon), pour ensuite extrapoler les résultats à l'ensemble de sa population. Il s'applique particulièrement à des sites couvrant une grande surface terrestre – pour cette raison, il n'est pas toujours utile dans les petites AP.

ÉLABORATION DU PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE

- Première étape: choisir les sites d'échantillonnage.
Il s'agit de choisir les portions de l'AP pour la collecte de données relatives à l'espèce ou l'habitat considéré. Afin de garantir la représentativité de l'échantillon par rapport à la population globale, il est préférable de procéder à un échantillonnage aléatoire (effectué de façon stratifiée ou en grappe). Pour des résultats plus précis et pour cibler des habitats spécifiques, il est pertinent de procéder à un échantillonnage stratifié. Il s'agit de diviser la zone étudiée en strates faisant référence à différentes caractéristiques des AEC suivis. Ensuite, en combinant les estimations par strate, on obtient une estimation sur l'AP entière qui prend en compte les variations biologiques de l'espèce considérée.
- Deuxième étape: déterminer la taille et le nombre d'échantillons à prélever.
Plus le degré de précision voulu est grand, plus le nombre d'échantillons à prélever est important. De même, plus l'échantillonnage est grand, plus sa réalisation est coûteuse.
- Troisième étape: définir le calendrier des campagnes de collectes de données.
Il s'agit de définir la période de l'année ou de la journée, ainsi que la fréquence des collectes. Ces choix dépendent essentiellement des cycles biologiques de la valeur suivie.



BOOCs
EPFL

Suivi écologique

Geoffroy Mauvais, Béatrice Chataigner,
Victor M. Panaretos, Emmanuel
M. Hema et Inza Kone



1.8 UN SUIVI EFFICACE AU MEILLEUR COÛT

ÉQUIPEMENT DE COLLECTE, DE STOCKAGE ET ANALYSE DES DONNÉES

Le suivi se chiffre en coût d'achat et de maintenance de l'équipement. Pour certains parcs, cette dépense peut être anecdotique, mais pour d'autres elle peut être trop importante.

FORMATION DU PERSONNEL À L'UTILISATION DE L'ÉQUIPEMENT

La formation du personnel à l'utilisation adéquate de l'équipement et des techniques de collecte peut être gratifiante, mais elle peut parfois se révéler inutile (par ex. si les agents formés sont mutés ailleurs avant d'avoir mis en œuvre leurs connaissances). De même, le risque associé à certaines tâches doit être pris en considération avant d'envoyer du personnel non préparé pour l'effectuer (par ex. baguage des oiseaux dans leur nid). Enfin, il faut vérifier l'aptitude du personnel à remplir les fiches correctement ou alors mettre en place d'autres techniques de rapportage adaptées au niveau des observateurs.

NOMBRE ET FRÉQUENCE DES CAMPAGNES DE COLLECTES DE DONNÉES

Cet aspect du plan d'échantillonnage se chiffre en temps de travail, en coût de déplacement, en véhicules mobilisés, en logistique, etc.

EXPERTISE EXTÉRIEURE

Certaines étapes spécifiques du suivi requièrent une intervention extérieure – le coût d'un protocole de SE se mesure alors en temps et en coût d'expertise extérieure. Toutefois, pour garantir sa durabilité sur le long terme, il est préférable que le SE soit assuré par le gestionnaire lui-même et par son équipe correctement formée.

Le protocole à implémenter doit donc correspondre aux ressources humaines et financières disponibles dans l'AP sur le moyen terme, tout en garantissant qu'il sera suffisamment efficace pour détecter les indicateurs à mesurer et avec le moins de biais possibles. L'évaluation du coût du suivi se fera donc au fur et à mesure de la planification et la mise en œuvre du SE, afin d'éviter de travailler sur des hypothèses irréalistes ou sur un suivi qui ne sera pas durable dans le temps.



1.9 COLLECTE ET ANALYSE DES DONNÉES

Le programme global de suivi de l'AP est constitué de protocoles associés à chaque valeur de l'AP. La mise en œuvre de ces protocoles implique la collecte, le stockage et l'analyse des données par le personnel en charge, tout au long de l'année suivant le planning établi.

OBJECTIF D'UN CAHIER DES CHARGES

Un cahier des charges clair garantit la comparabilité des données et la reproductibilité des méthodes utilisées dans le temps. Il décrit en détail tous les protocoles suivis et retrace le cheminement des données depuis leur collecte jusqu'à leur analyse.

ORDRE DE CONTENU DU CAHIER DES CHARGES

1. Description de la méthode d'enregistrement des données sur le terrain.
Le choix de support (formulaire papier, enregistrement, *Cyber-tracker*, application mobile, etc.) dépend de la quantité d'information à récolter, des moyens disponibles et de l'outil le plus pratique à utiliser pour le personnel de terrain.
2. Définition de la méthode de stockage des données.
La base de données doit être simple à utiliser, et les données doivent pouvoir être extraites facilement pour leur analyse (Microsoft Access, Excel, etc.).
3. Choix d'une méthode de sauvegarde durable des données.
Il est capital de conserver des sauvegardes sur un disque externe, et de sécuriser la base de données.
4. Analyse des données et choix du personnel responsable.
Le cahier des charges doit donc définir une personne en charge de l'analyse des données. Cette responsabilité requiert des connaissances solides en statistiques et du bon sens quant au choix de la méthode d'analyse.
5. Interprétation et présentation des résultats.
Les résultats doivent répondre aux objectifs pour lequel le suivi a été mis en place, à savoir informer les décideurs de l'état de santé des valeurs de l'AP. Ainsi, la qualité d'un suivi écologique se mesure aussi à sa capacité d'être comprise des décideurs et ainsi à orienter la gestion de l'AP en conséquence pour changer les pratiques de gestion si nécessaire.



1.10 SYNTHÈSE : PLAN DU SUIVI ÉCOLOGIQUE

Le SE d'une AP s'attelle à évaluer l'état de santé des valeurs du territoire. Ces valeurs sont caractérisées par des attributs écologiques, eux-mêmes décrits par des indicateurs, et le SE respecte un protocole qui précise le plan d'échantillonnage et la méthode utilisée.

Les différentes étapes à suivre pour mettre en place le SE :

1. identifier les valeurs à suivre ;
2. déterminer les attributs écologiques clés ;
3. déterminer les indicateurs pertinents ;
4. identifier les limites acceptables de variation de l'attribut écologique ;
5. choisir la méthode de collecte ;
6. définir le plan d'échantillonnage ;
7. collecter les données selon la méthode et l'échantillonnage choisis ;
8. organiser le stockage des données récupérées ;
9. analyser les données et les résultats obtenus ;
10. décider et agir pour la gestion de l'AP ;
11. continuer et reprendre le suivi pour la gestion.

Ce cycle sera répété autant de fois que de besoin pour alimenter les décisions de la gestion adaptative – le suivi n'étant finalement qu'une composante d'un cycle plus large visant à gérer au mieux le territoire.

2.2 NOTIONS STATISTIQUES GÉNÉRALES

Les statistiques permettent de tirer des informations de données en présence d'incertitudes. Afin d'illustrer les idées, nous prendrons l'exemple d'une population d'éléphants présente dans un parc.

La population : il s'agit de l'objet d'étude, tel que la population d'éléphants présente dans un parc.

Variable statistique : une caractéristique mesurable pour chaque membre de la population. Il s'agit de l'AEC, ou bien l'indicateur à mesurer pour connaître l'état de la valeur suivie. Dans notre exemple, nous nous intéressons à la variable « âge » des éléphants.

Échantillon : un sous-ensemble de la population.

L'objectif est de connaître la distribution de la variable à l'échelle de la population, autrement dit, la proportion des classes d'âge à l'échelle de la population d'éléphants. Compte tenu de la difficulté de mesurer la variable « âge » de quelques milliers d'éléphants, on sélectionnera un sous-ensemble d'éléphants – il s'agit de l'échantillon. Ce dernier sera choisi au hasard afin d'assurer sa représentativité de la population. Après avoir déterminé les âges représentés au sein de l'échantillon, l'objectif sera de déduire la distribution de l'âge au niveau de la population globale, et à connaître le degré de certitude qui accompagne cette déduction.

VARIABLES STATISTIQUES

Variables statistiques qualitatives (par ex. couleur de l'éléphant):

- nominales : elles n'ont pas d'ordre ;
- ordinales : peuvent être classées dans un certain ordre.

Variables statistiques quantitatives (par ex. l'âge des éléphants):

- discrètes : elles peuvent adopter un nombre fini ou infini mais dénombrable de valeurs ;
- continues : elles peuvent adopter un nombre infini indénombrable de valeurs.

Les variables quantitatives peuvent être converties en variables qualitatives. Il s'agit d'une simplification, c'est-à-dire, choisir de ranger les éléphants par grandes classes d'âges (jeunes, adultes et vieux) plutôt qu'individuellement par âge (fig. 1 et 2).

Age = variable (semi) quantitative

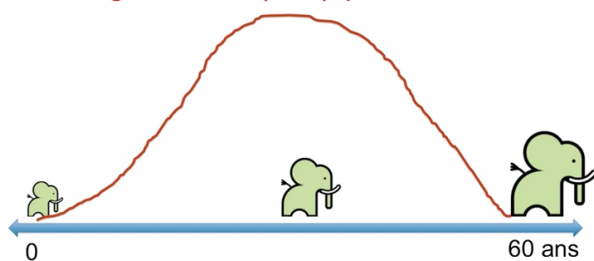


FIGURE 1

1:47

5:13

Représentation d'une variable quantitative.

Age = classes d'âges

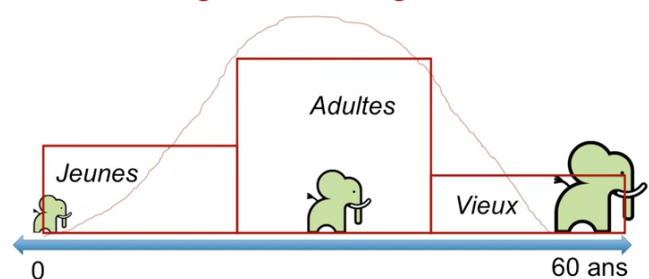


FIGURE 2

1:52

5:13

Représentation d'une variable quantitative convertie en variable qualitative.

2.3 SYNTHÈSES NUMÉRIQUES

L'ensemble de n valeurs, correspondant aux valeurs mesurées des variables de l'échantillon, sont utilisés pour explorer les caractéristiques de la distribution de l'échantillon, et ce grâce à des graphiques ou des synthèses numériques.

Table des fréquences

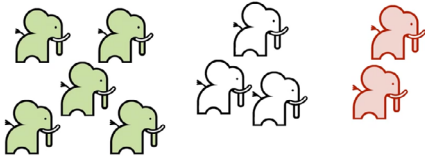


FIGURE 1

0:36

13:02

Un échantillon de 10 éléphants classés selon l'attribut «couleur»: vert, blanc et rose.

VARIABLES QUALITATIVES

Dans le cas de variables qualitatives, on classe et organise les valeurs dans une table de fréquences. L'objectif de cette table est de:

- lister toutes les catégories possibles de la variable qualitative (fig. 1);
- lister le nombre de fois où les variables de l'échantillon tombent dans ces catégories, c'est la fréquence absolue (fig. 2);
- indiquer quelle proportion de ces variables appartient aux mêmes catégories, c'est la fréquence relative (fig. 3).

Fréquence absolue

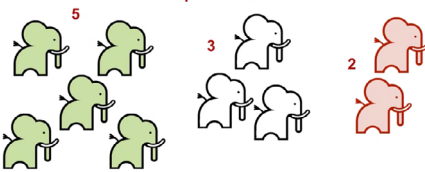


FIGURE 2

0:40

13:02

On a 5 éléphants verts, 3 blancs et 2 roses, c'est la fréquence absolue.

Fréquence relative

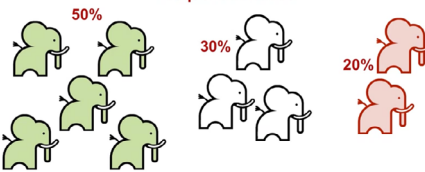


FIGURE 3

0:54

13:02

Selon la fréquence relative, les éléphants verts sont plus nombreux.

Ordre croissant d'âge

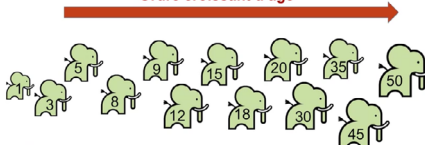


FIGURE 4

1:40

13:02

Un échantillon de 13 éléphants classés par ordre croissant d'âge. (00:40)

VARIABLES QUANTITATIVES

Dans le cas de variables quantitatives, il faut commencer par classer les valeurs dans l'ordre croissant. Les valeurs pourront ensuite être agencées selon un axe et offrir une représentation visuelle (fig. 4).

L'étape suivante est d'effectuer des mesures de position indiquant le centre de la distribution de l'échantillon (calcul de moyenne ou de médiane), et des mesures de distribution indiquant comment les valeurs de l'échantillon sont étalées (variance, quartiles/quantiles, écart type et écart interquartile).

– La moyenne est la somme de toutes les observations, divisée par le nombre d'observations (fig. 5), soit :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + \dots + x_n}{n}$$

– La médiane de l'échantillon sépare la population en deux parties égales (fig. 6), soit :

$$\text{med}(x) = \begin{cases} x((n+1)/2), & \text{si } n \text{ est impair,} \\ x(n/2) + x(n/2+1)/2, & \text{si } n \text{ est pair,} \end{cases}$$

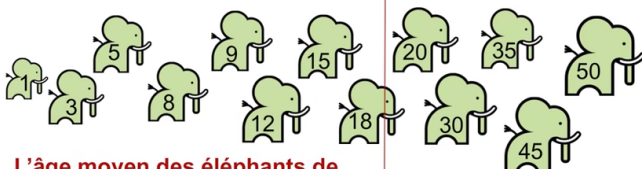
– La variance (S^2) donne la dispersion de la valeur autour de la moyenne (fig. 7) :

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \left[(x_1 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2 \right]$$

– L'écart-type (S) est la racine carrée de la variance, et permet d'exprimer la dispersion à la même échelle que la valeur elle-même : $S = \sqrt{S^2}$

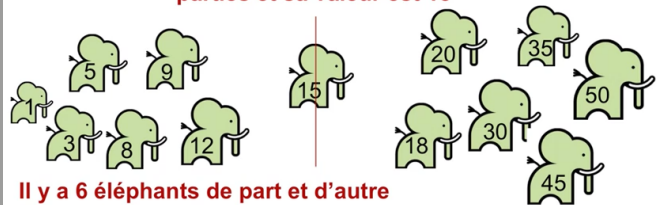
– On peut enfin diviser l'échantillon en quantiles, dont les plus courants sont les quartiles. Ceux-ci regroupent chacun environ un quart de l'échantillon, et illustrent la symétrie de l'échantillon par rapport à la moyenne (fig. 9).

Moyenne = somme des âges/nombre d'éléphants
soit : $1+3+5+\dots + 50 / 13 = 19,3$



L'âge moyen des éléphants de l'échantillon est donc de 19,3 ans

La médiane sépare l'échantillon en deux parties et sa valeur est 15



Il y a 6 éléphants de part et d'autre de la valeur médiane

FIGURE 5

1:45

13:02

L'âge moyen de tous les éléphants.

FIGURE 6

2:17

13:02

La médiane de l'échantillon d'éléphants.

La variance = somme des carrés des distances avec la moyenne / n ($n=13$ ici)



$(1-19,3)^2 + (3-19,3)^2 + \dots + (50-19,3)^2 / 13 = 256,39$

L'écart-type se calcule à partir de la variance
= racine carrée de 256,39 soit 16,01

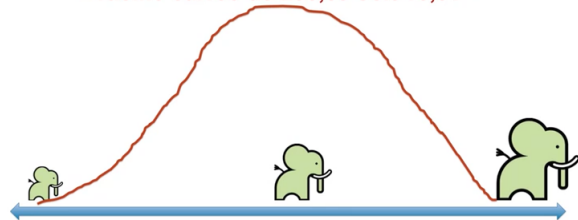


FIGURE 7

2:29

13:02

La variance calculée à partir de l'échantillon d'éléphants.

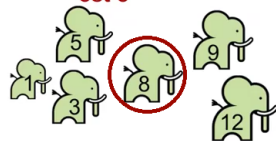
FIGURE 8

2:36

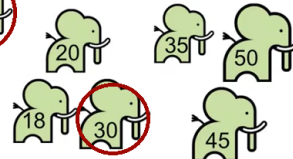
13:02

L'écart-type calculé à partir de l'échantillon d'éléphants.

Le premier quartile est 8



Le troisième quartile est 30



Et donc l'écart interquartile est $30 - 8 = 22$

FIGURE 9

3:02

13:02

L'écart interquartile calculé à partir de notre échantillon.

2.4 LES SYNTHÈSES GRAPHIQUES

VARIABLES QUALITATIVES: DIAGRAMMES CIRCULAIRES ET À BANDES

Les deux formes de diagrammes présentent les mêmes informations mais avec des styles différents.

- Diagramme circulaire (fig. 1): il est constitué d'un disque divisée en plusieurs aires. La surface totale du disque représente 100%, et chaque aire délimitée indique le pourcentage de chaque catégorie de variable tel qu'il apparaît dans la table de fréquence.
- Diagramme à bandes (fig. 2): des bandes séparées disposées côte à côte représentent chaque catégorie de variable. Chaque barre a une aire proportionnelle au pourcentage de la catégorie correspondante, tel qu'indiqué dans la table des fréquences.

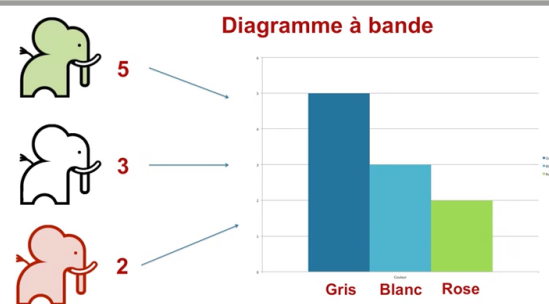
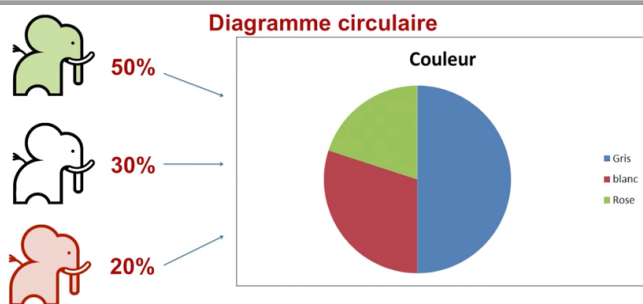


FIGURE 1

0:42

9:13

Diagramme circulaire selon la table de fréquences de l'attribut « couleur » d'éléphants.

FIGURE 2

0:33

9:13

Diagramme à bandes selon la table de fréquences de l'attribut « couleur » d'éléphants.

VARIABLES QUANTITATIVES: HISTOGRAMMES

Dans le cas des variables quantitatives, on cherche en plus à visualiser la concentration de certaines valeurs le long d'un axe. Pour construire un histogramme il faut (fig. 3):

- répartir l'ensemble des données dans des intervalles de longueurs identiques;
- mesurer la proportion de l'échantillon contenu dans chacun de ces intervalles;
- tracer une ligne horizontale à la hauteur représentant la proportion en question.

La hauteur de chaque barre ainsi créée montre la proportion des observations contenues dans cet intervalle. L'histogramme permet d'apprécier à la fois l'emplacement, la dispersion et la symétrie (ou l'absence de ces caractéristiques) de la distribution de l'échantillon.

Répartition des âges dans l'échantillon par classes de 5 ans

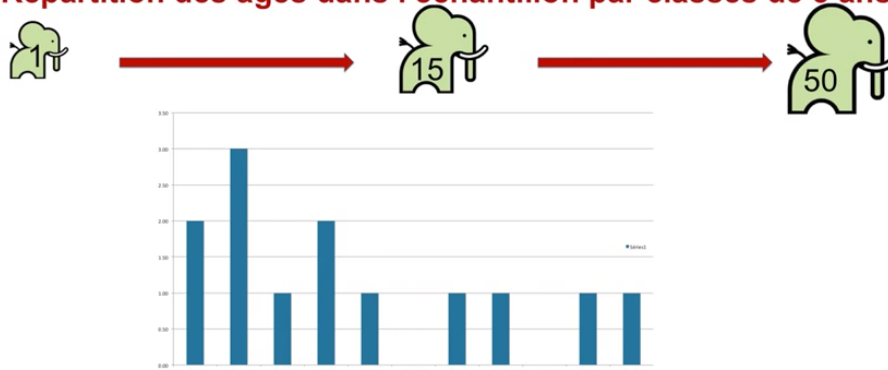


FIGURE 3

1:01

9:13

Histogramme à partir de l'échantillon de 13 éléphants classés par âge.

VARIABLES QUANTITATIVES : DIAGRAMME EN BOÎTE (BOÎTE À MOUSTACHE)

Pour construire un diagramme en boîte, il faut :

- organiser les statistiques d'ordre sur un axe ;
- indiquer les valeurs clés (fig. 4), soit le premier et le troisième quartile de l'échantillon en dessinant une boîte, et l'emplacement de la médiane représentée par une ligne au milieu de la boîte ;
- dessiner deux lignes reliant les bords de la boîte aux plus petites et plus grandes observations situées à 1,5 fois la longueur de la boîte – ces lignes sont appelées des moustaches (fig. 5).

Les valeurs à gauche et à droite de la médiane donnent une indication de la distribution de l'échantillon. Les lignes représentant les quartiles divisent l'échantillon en quartiers pouvant être utilisés pour évaluer la dispersion de l'échantillon, ainsi que la symétrie ou l'asymétrie de la distribution. Les moustaches indiquent l'emplacement de la plus grande partie de l'échantillon. Les observations tombant en dehors des moustaches sont appelées valeurs aberrantes.

Dans notre échantillon, le 1^{er} quartile est 8 et le 3^{ème} est 30

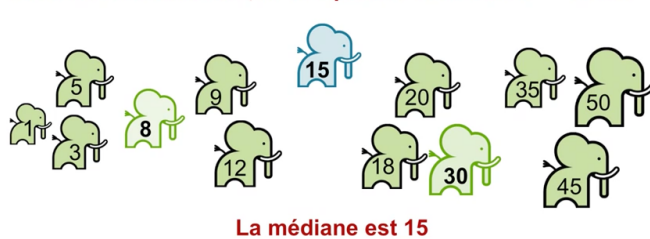


FIGURE 4

1:35

9:13

Les valeurs clés de l'échantillon de 13 éléphants classés par âge.

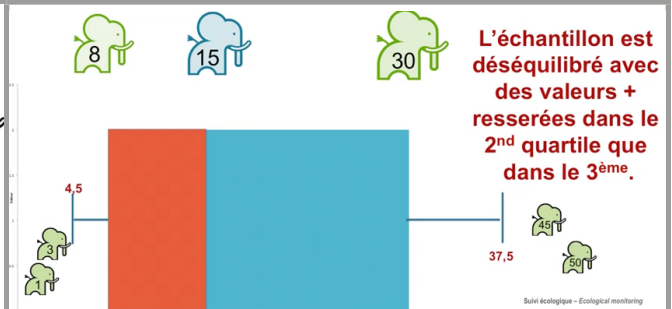


FIGURE 5

1:53

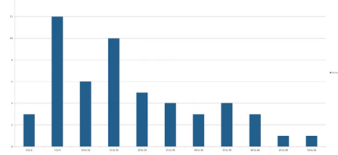
9:13

La boîte à moustaches finale de l'échantillon de 13 éléphants classés par âge.

2.5 MODÈLES DE DISTRIBUTION LA POPULATION



Distribution de l'échantillon par classes de 5 ans...



Distribution de l'échantillon par classes de 3 ans...

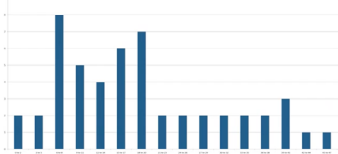


FIGURE 1

0:38

9:40

Distribution d'un échantillon de 52 éléphants répartis par classes d'âge sur 5 puis 3 ans - en diminuant la largeur des classes, on affine la précision.



Estimation d'une loi de population ?

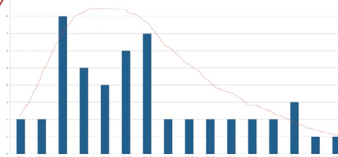


FIGURE 2

0:51

9:40

L'histogramme permet d'estimer une courbe représentant la loi de la population dans le cas de variables continues.

Rappelons que l'objectif est d'estimer la distribution d'un échantillon à l'échelle de la population, et l'histogramme est un moyen simple de visualiser la distribution des données. La hauteur de chaque barre indique le pourcentage des observations de l'échantillon correspondant à chaque classe. Ainsi, pour créer un histogramme pour la population, il suffit de créer un histogramme constitué d'un très grand nombre de classes très étroites (fig. 1).

Une fois l'histogramme obtenu, une « loi de la population » permettra d'effectuer une estimation de la répartition à l'échelle de la population (fig. 2).

CHOIX DU MODÈLE DE DISTRIBUTION

L'échantillon permet de choisir le modèle le plus adéquat pour décrire la population. Voici quelques exemples de lois de la population souvent utilisées dans la pratique :

– distribution normale : loi utilisée pour les variables continues :

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

σ = l'écart-type

μ = moyenne

– distribution exponentielle : loi utilisée pour les variables continues positives :

$$f(x) = \lambda \exp\{-\lambda x\}, x \geq 0$$

$$\text{Moyenne} = \frac{1}{\lambda}$$

$$\text{Variance} = \frac{1}{\lambda^2}$$

$$\text{Quantile } \alpha\% = -\log(1-\alpha)/\lambda$$

– distribution de Poisson : loi utilisée pour les variables aléatoires discrètes, prenant des valeurs comme 0, 1, 2, 3, etc. :

$$f(n) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^n}{n!}, n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

$$\text{Moyenne} = \lambda$$

$$\text{Variance} = \lambda$$

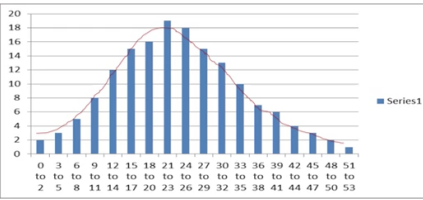


FIGURE 3

2:46

9:40

Répartition de l'échantillon de 52 éléphants permettant d'identifier une loi normale.

POINTS DE POURCENTAGE NORMAUX

Quelle que soit la valeur de la moyenne et de la variance, les propriétés suivantes sont toujours vraies :

- la proportion des valeurs de la population comprises dans une distance d'un écart-type de la moyenne est de 68% ;
- la proportion des valeurs de la population comprises dans une distance de deux écarts-types de la moyenne est de 95% ;
- la proportion des valeurs de la population comprises dans une distance de trois écarts-types de la moyenne est de 99% – presque toutes les valeurs de la population se situent à trois écarts-types de la moyenne.

Par exemple, dans l'échantillon représenté dans l'histogramme de la figure 3, on est dans le cas d'un modèle de distribution normale. La moyenne $\mu = 19,3$ et l'écart-type $\sigma = 12,6$. Le modèle nous permet de savoir que 95% des individus seront dans l'intervalle $(\mu-2\sigma, \mu+2\sigma)$, et 99% des individus dans l'intervalle $(\mu-3\sigma, \mu+3\sigma)$.

L'avantage d'un modèle est qu'il nous permet de calculer tout ce qu'il faut savoir sur une population – à condition que nous connaissions la valeur du ou des paramètre(s) dont il dépend. Le problème de l'inférence statistique est alors d'utiliser l'échantillon au mieux pour connaître la véritable valeur de ce paramètre. Typiquement, les trois éléments d'inférence statistique pertinents sont :

- l'estimation ponctuelle ;
- l'estimation par intervalle ;
- les tests d'hypothèse.

2.6 ESTIMATION PONCTUELLE

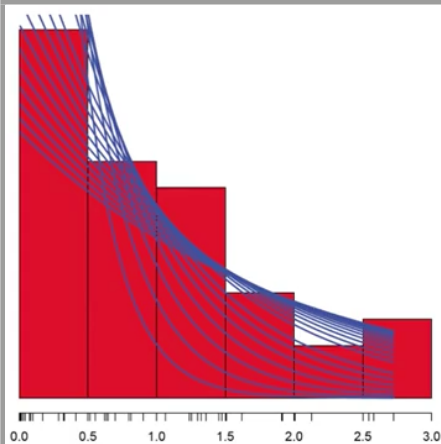


FIGURE 1

2:33

9:48

Histogramme indiquant différents modèles de distribution exponentielle en bleu.

Estimation ponctuelle: utiliser la distribution de l'échantillon afin de déduire le paramètre inconnu du modèle de population.

L'idée de base est toujours la même: calibrer la distribution du modèle de population en fonction de la distribution de l'échantillon. Par exemple, la figure 1 donne l'exemple d'un histogramme en rouge et différents modèles de distribution exponentielle en bleu, chacun correspondant à une valeur différente du paramètre. Le choix de la valeur du paramètre peut se faire suivant différentes méthodes:

- méthode des moments;
- méthode du maximum de vraisemblance.

MÉTHODE DES MOMENTS

La méthode des moments définit un paramètre permettant à la situation de l'échantillon et de la population de correspondre à travers la moyenne. Il s'agit de décider que la moyenne du modèle de la population $m(\theta)$ et la moyenne de la distribution de l'échantillon \bar{x} doivent être identiques, et choisir le paramètre en fonction de cette égalité. Utiliser un échantillon aléatoire x_1, \dots, x_n , permet de calculer la moyenne de l'échantillon \bar{x} . Cela revient à résoudre l'équation:

$$m(\theta) = \frac{(x_1 + \dots + x_n)}{n}$$

MÉTHODE DU MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

Cette approche consiste à choisir un paramètre faisant correspondre l'échantillon et la population à un niveau plus fin, afin que l'échantillon soit le plus représentatif possible de la population. Cela exige que les proportions calculées à partir de l'histogramme de l'échantillon correspondent au mieux aux proportions calculées à partir de la courbe de population. Cela revient à dire qu'il faut trouver la valeur de θ qui maximise la fonction de vraisemblance $L(\theta)$:

$$L(\theta) = f(x_1; \theta) \times f(x_2; \theta) \times \dots \times f(x_n; \theta)$$

MÉTHODE DES MOMENTS VS MAXIMUM DE VRAISEMBLANCE

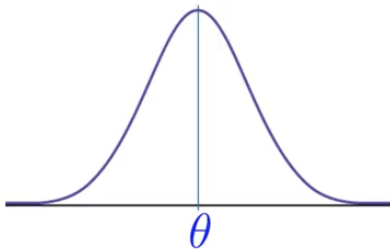
La méthode des moments permet souvent de trouver le même estimateur que la méthode du maximum de vraisemblance. La méthode des moments est aussi généralement plus simple à appliquer, mais le maximum de vraisemblance est habituellement préféré, car il permet d'utiliser plus efficacement les données à portée de main. Un autre avantage de la vraisemblance maximale est que nous avons quelques formules assez générales qui décrivent sa précision.

2.7 INTERVALLES DE CONFIANCE

Les estimateurs ponctuels ne sont jamais tout à fait exacts, peu importe leur précision. Une autre approche consiste donc à donner un ensemble de valeurs plausibles pour le paramètre inconnu (plutôt qu'une seule valeur) sous la forme d'un intervalle.

Caractéristiques d'un tel intervalle :

- raisonnablement court, car plus il est court, plus il est informatif ;
- garantir une certaine confiance, autrement dit avoir la certitude que l'intervalle construit sur la base d'un échantillon contienne réellement la vraie valeur. Par exemple, nous aimerions construire des intervalles garantissant que 95% de tous les échantillons possibles produiront un intervalle contenant la vraie valeur – cet intervalle est appelé intervalle de confiance à 95%.



• Moyenne : vrai paramètre θ

• Variance : $\frac{\sigma^2(\theta)}{n}$

FIGURE 1

2:33

9:00

Moyenne du vrai paramètre θ .

DES DISTRIBUTIONS D'ÉCHANTILLONNAGE AUX INTERVALLES DE CONFIANCE

Supposons que nous ayons un échantillon x_1, \dots, x_n d'une population modélisée selon un modèle $f(x; \theta)$. Nous construisons l'estimateur de θ grâce à la méthode du maximum de vraisemblance, $\hat{\theta}(x_1, \dots, x_n)$. L'intervalle recherché est de la forme $\hat{\theta}(x_1, \dots, x_n) \pm \delta$ où δ est une constante. Pour choisir cette constante en garantissant une confiance de 95%, nous avons besoin de revoir la distribution d'échantillonnage de $\hat{\theta}$, qui est typiquement quasiment normale. Comme l'indique la figure 1 ci-dessous, la moyenne de cette distribution normale est donnée par le vrai paramètre θ . La variance est donnée par une quantité explicite :

$$\frac{\sigma^2(\theta)}{n}$$

En résumé, nous savons que pour 95% de tous les échantillons de taille n possibles, $\hat{\theta}$ serait à une distance maximale de

$$2 \frac{\sigma(\theta)}{\sqrt{n}}$$

La formule de l'intervalle de confiance s'écrit comme suit :

$$\left[\hat{\theta} \pm 2 \frac{\sigma(\theta)}{\sqrt{n}} \right]$$

EXEMPLE AVEC LA POPULATION D'ÉLÉPHANTS

On cherche à déterminer l'âge de la population d'éléphants qui est l'attribut écologique que l'on veut mesurer. Reprenons l'échantillon de 13 individus utilisé précédemment, dont la moyenne d'âge est $m = 19,3$, la variance = 256,4, et l'écart-type = $\sqrt{256,4}$.

L'intervalle de confiance à 95% est :

$$2 \frac{\sqrt{256,4}}{\sqrt{13}} = \pm 8,9$$

L'âge moyen de la population d'éléphants est donc de 19,3 ans \pm 8,9 ans, ce qui n'est pas très précis (fig. 1). Ceci est lié au fait que notre échantillon est très petit. Si la taille de l'échantillon croît, l'intervalle de confiance va décroître puisque cet intervalle est inversement proportionnel à la racine carrée de la taille de l'échantillon. Ainsi, reprenons un échantillon avec quatre fois plus d'individus. La moyenne du groupe composé de 52 éléphants au lieu de 13 est toujours de 19,3 ans, mais la variance est maintenant de 159 (l'échantillon se resserre autour de la moyenne, comme indiqué sur la figure 2) et l'écart-type de 12, donc l'intervalle de confiance diminue.

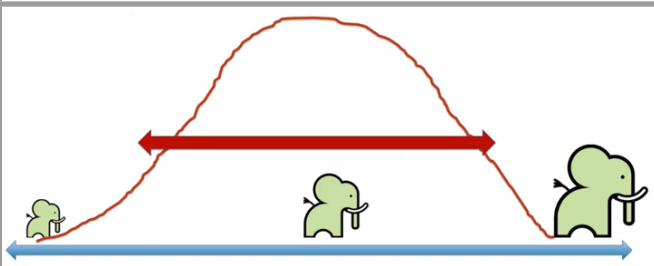


FIGURE 2

1:18

9:00

Aperçu de l'intervalle de confiance où l'âge moyen est de 19,3 \pm 8,9 ans.

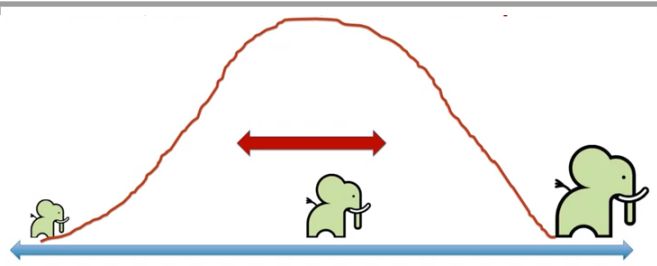


FIGURE 3

2:25

9:00

Aperçu de l'intervalle de confiance avec un échantillon plus grand.

2.8 TEST D'HYPOTHÈSES

Dans certains cas, avant d'avoir recueilli des données, on peut avoir une théorie selon laquelle le paramètre de distribution de la population doit être contenu dans un intervalle possible de valeurs que nous avons défini nous-mêmes, une hypothèse nulle appelée H_0 . Dans ce cas, sur la base de notre échantillon, nous voulons savoir si H_0 est plausible ou non. Si les résultats de l'échantillon dévient trop par rapport à H_0 , alors l'hypothèse semble être en contradiction avec les données – il s'agit du test d'hypothèse. L'hypothèse nulle peut prendre deux formes :

- hypothèses simples: $H_0 : \theta = \theta_0$.
- hypothèses unilatérales: $H_0 : \theta \geq \theta_0$ or $H_0 : \theta \leq \theta_0$.

NIVEAU DE SIGNIFICATION

Pour vérifier une hypothèse, il faut établir une règle déterminant sont rejet ou non à partir de l'échantillon à disposition. Une bonne règle limite la proportion du nombre de fois qui produiraient un faux rejet. Donc, lorsque l'hypothèse nulle est vraie au niveau de la population, la règle devrait seulement rejeter pour une faible part de tous les échantillons possibles: cette part est appelée le niveau de signification, et est généralement établie à $\alpha = 5\%$.

STRATÉGIE GÉNÉRALE

Sur la base de l'échantillon, il faut construire une estimation du vrai θ : $\hat{\theta}(x_1, \dots, x_n)$. Si cette estimation satisfait H_0 , l'hypothèse n'est pas rejetée. Sinon, il faut considérer la liste de conditions suivante, si nous voulons respecté un niveau de signification de $\alpha = 5\%$:

- Rejeter $H_0 : \theta = \theta_0$ si et seulement si $|\hat{\theta} - \theta_0| > 2\sigma(\hat{\theta}) / \sqrt{n}$
- Rejeter $H_0 : \theta \leq \theta_0$ si et seulement si $\hat{\theta} > \theta_0 + 1.6\sigma(\hat{\theta}) / \sqrt{n}$
- Rejeter $H_0 : \theta \geq \theta_0$ si et seulement si $\hat{\theta} < \theta_0 - 1.6\sigma(\hat{\theta}) / \sqrt{n}$

CHOISIR LE BON NIVEAU DE SIGNIFICATION ET LA VALEUR P

Choisir un niveau de signification plus bas réduit le risque de rejeter l'hypothèse nulle à tort. Mais réduire le niveau de signification augmentera les facteurs 2 et 1,6 utilisés dans les formules précédentes. Au lieu de choisir un niveau de signification a priori, nous pouvons adopter une approche alternative. Déterminer le plus faible niveau de signification pour lequel on rejeterait l'hypothèse à la base de nos données, et enregistrer cette valeur – il s'agit de la valeur p . En général, plus la valeur p est faible, plus d'évidence nous avons contre H_0 .

Attention, la valeur p n'est pas la probabilité que l'hypothèse soit vraie, mais elle est la probabilité d'observer une déviation au moins aussi grande que ce que nous avons observé, si H_0 est vraie. Il existe une règle simple: rejeter l'hypothèse si et seulement si la valeur p est inférieure à α garantit un niveau de signification égal à α . En d'autres termes, pour avoir un niveau de signification de 5%, il faut comparer la valeur p à cette valeur pour décider de rejeter ou non l'hypothèse nulle.

EXEMPLE DE LA POPULATION D'ÉLÉPHANTS

On conjecture que l'âge moyenne d'une population d'éléphants est de 25 ans. On choisit un seuil de signification $\alpha = 0,05$, donc pour ne pas rejeter l'hypothèse $\{H_0 : \text{l'âge moyenne de la population est de 25 ans}\}$ nous avoir:

$$|25 - \text{Moyenne}(\text{échantillon})| < 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

Retirons au hasard un échantillon de 52 éléphants de cette population, et mesurons les âges. La moyenne de l'échantillon est $m = 19,3$ ans, l'écart-type $\sigma = 12,6$, et $\sqrt{n} = 7,2$. Alors on observe que

$$|19,3 - 25| = 5,7 > 3,43 = 96 \frac{12,6}{7,2}$$

et alors nous devons rejeter l'hypothèse que la moyenne d'âge de la population est de 25 ans.

2.9 LA MÉTHODE DE JOLLY

Transect	Elephants	Transect	Elephants
1	10	16	3
2	15	17	26
3	20	18	20
4	5	19	12
5	8	20	18
6	12	21	32
7	22	22	0
8	7	23	9
9	3	24	7
10	30	25	9
11	14	26	13
12	40	27	19
13	25	28	5
14	45	29	39
15	0	30	23

FIGURE 1

0:55

2:26

Tableau des éléphants comptés dans le parc sur chaque transect.

La méthode de Jolly est en particulier utile pour le traitement de données issues de recensements aériens. Considérons un parc de 1000 km². On souhaite échantillonner au hasard trente transects ($n = 30$) de 20 km de long et 500 m de large, soit une bande de 250 mètres de chaque côté de l'avion. Chaque transect couvre une surface de 10 km² et le parc en contient donc théoriquement $N = 100$.

La formule repose sur :

- N = nombre d'unités d'échantillonnage dans le parc ;
- n = nombre d'échantillons prélevés au hasard ;
- y = nombre d'animaux comptés dans chaque échantillon ;
- $S(y)^2$ = variance de l'échantillon = $\frac{1}{n-1} \times [\sum(y^2) - \sum(y)^2 / n]$;
- $\sigma(y)^2$ = variance population = $N \times (N - n) / n \times S(y)^2$.

Le tableau de la figure 1 donne le nombre d'éléphants comptés sur chaque transect, soit 491 au total.

La moyenne des échantillons est :

$$\frac{\text{somme des échantillons}}{n} = \frac{491}{30} = 16,4 \text{ éléphants par transect.}$$

La population totale est de $16,4 \times 100 = 1640$ éléphants au total dans le parc.

Variance de l'échantillon = 144,9

Variance de la population =

$$N \times \frac{(N - n)}{n} \times \text{Variance échantillon} = 100 \times \frac{70}{30} \times 144,9 = 33810$$

Ecart-type = 183,9

Intervalle de confiance autour de la moyenne : $1,96 \times 183,9 = 360$.

3.2 NOTIONS D'ÉCOLOGIE UTILES (PARTIE 1)

Les caractéristiques écologiques des espèces animales à suivre influencent la conception du suivi écologique au niveau du choix des attributs écologiques clés (AEC), de la méthode de récolte des données ou du programme d'échantillonnage à mettre en place. Les AEC sont de trois types :

- taille et distribution de l'espèce ;
- composition et dynamique de la population ;
- qualité de son habitat.

AEC « TAILLE DE LA POPULATION ET DISTRIBUTION DE L'ESPÈCE »

La distribution d'une espèce dépend de la qualité de l'habitat dans l'AP, mais aussi de sa tolérance vis-à-vis d'autres espèces ou de menaces potentielles. Il s'agit d'un bon indicateur de l'état de santé du parc et de la répartition des pressions. Dans les figures 1 et 2, on note la concentration ou non d'une population d'éléphants suivant la présence de menace en périphérie du parc.

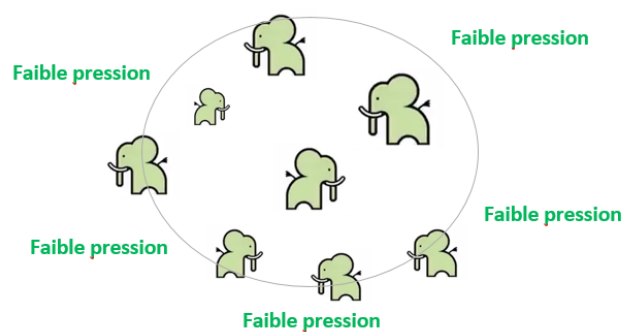


FIGURE 1

2:03

4:28

Bonne distribution de la population en absence de pressions.

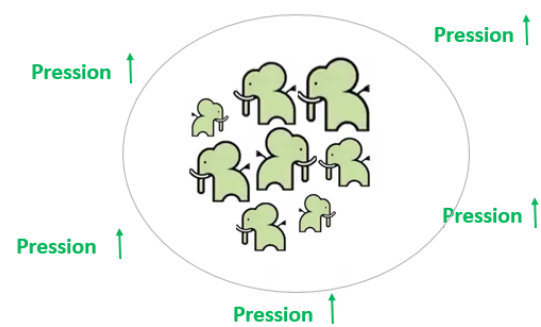


FIGURE 2

2:05

4:28

Concentration de la population en présence de pressions.

AEC « STRUCTURE DE LA POPULATION ANIMALE »

Cet AEC se caractérise notamment par la taille des groupes ou familles qui composent la population animale, et cette taille varie en fonction du système social de l'espèce en question. Il faut donc avoir une bonne connaissance de la structure sociale des différentes espèces pour pouvoir détecter toute anomalie lors du suivi.

AEC « HABITAT DE L'ESPÈCE »

Il s'agit de suivre la qualité de l'habitat de l'espèce. En effet, pour survivre, les animaux ont besoin d'un habitat favorable qui leur procure de la nourriture, de l'eau et des conditions favorables pour leur reproduction.



3.3 NOTIONS D'ÉCOLOGIE UTILES (PARTIE 2)

Les particularités écologiques des espèces animales influencent le choix de la méthode de collecte des données et le programme d'échantillonnage à mettre en place.

TYPE D'HABITAT

Le type d'habitat dans lequel l'espèce considérée évolue joue un rôle capital dans le choix de la méthode de collecte des données sur le terrain. Dans le cas d'espèces difficilement visibles, il est préférable d'opter pour une méthode indirecte attestant de la présence de l'espèce et indiquant leur abondance (crottes, nids, empreintes, etc.). Les espèces plus grandes vivant dans des espaces ouverts peuvent faire l'objet de comptages directs, au sol ou aériens.

PLAN ÉCHANTILLONNAGE

L'aire de répartition d'une espèce et son rythme de déplacement quotidien et saisonnier influencent la méthode d'échantillonnage et la manière de l'appliquer. Afin de détecter un changement dans la population, un plus grand nombre d'échantillons doit être prélevé.

PÉRIODE DE COLLECTE DES DONNÉES

Les facteurs écologiques influencent également le choix de la période de collecte des données. Pour optimiser les chances d'observer l'espèce suivie, la collecte devra se faire au moment de l'année ou de la journée où elle est la plus active, et donc le plus facilement observable.

FRÉQUENCE DE COLLECTE DES DONNÉES

Des facteurs écologiques influencent aussi la fréquence de la collecte des données. Plus l'espèce considérée est susceptible de s'adapter rapidement à de nouvelles contraintes, plus il faudra augmenter la fréquence de collecte de données pour être capable de détecter ces changements à temps et y associer les mesures de gestion appropriées. Inversement, pour suivre la croissance normale de la population, il est inutile de procéder à un comptage annuel du nombre d'individus. On préférera une périodicité quinquennale ou décennale.

NOTIONS D'ÉCOLOGIE ESSENTIELLES

Les notions d'écologies à maîtriser pour concevoir un SE sur une espèce donnée sont de connaître :

- son type d'habitat favorable ;
- son système social déterminant la composition des groupes d'individus et leur variation dans le temps ;
- la fréquence et la forme de ses déplacements quotidiens et saisonniers ;
- le taux de croissance normal de sa population ;
- sa tolérance aux pressions ;
- le type de marqueurs visibles indiquant sa présence.

3.4 SUIVI DES FACTEURS ABIOTIQUES DU MILIEU

Facteurs abiotiques (de a = privatif et bios = vie) : l'ensemble des éléments inertes du milieu. Ils regroupent les facteurs physico-chimiques en l'occurrence les facteurs climatiques, les facteurs édaphiques et les facteurs hydrologiques qui exercent une action sur les êtres vivants du milieu.

Le suivi de ces facteurs consiste à mettre en place un dispositif d'observation sur le terrain intégrant :

- une démarche d'observation synchronique, soit la comparaison de l'état de l'environnement à un moment donné à l'intérieur du même territoire et entre territoires ;
- des démarches d'observation diachroniques, soit la comparaison à long terme dans le temps.

Selon les facteurs, l'on distinguera trois grands axes de suivi des facteurs abiotiques.

AXE 1 : SUIVI MÉTÉOROLOGIQUE (FACTEURS CLIMATIQUES)

- Variables suivies : la pluviométrie, la température journalière (maximale et minimale), l'humidité de l'air (degré hygrométrique), la force des vents et la lumière.
- Indicateurs de suivi à tester et valider : indices (relevés) pluviométriques, de température, de la vitesse du vent et d'intensité de la lumière.
- Périodicité de mesure des données climatiques : quotidienne, et toujours à la même heure.

AXE 2 : SUIVI HYDROLOGIQUE

Dans une AP, ce suivi concerne essentiellement les eaux de surfaces.

- Variables suivies : quantité d'eau en stock, qualité (physico-chimique) de l'eau, le débit (écoulement) et l'envasement de ces plans d'eau.
- Indicateurs à tester et valider pour les plans d'eau de l'AP : les hauteurs d'eau, la température, le pH, l'oxygène, la conductivité, la turbidité, la hauteur des dépôts solide, la vitesse d'écoulement (débits à l'entrée et à la sortie des mares).
- Périodicité des mesures hydrologiques : saisonnière. Les données ainsi collectées permettent d'élaborer les bulletins hydrologiques hebdomadaires en période de crue et mensuels en période d'étiage.

AXE 3 : SUIVI PÉDOLOGIQUE (FACTEURS ÉDAPHIQUES)

En conditions normales, les facteurs édaphiques d'un lieu ne varient pas significativement d'une année à l'autre.

- Variables suivies : typologie (type de sol), dégradation des sols, utilisation des terres.
- Indicateurs à tester et valider : taux de terres affectées par un phénomène. Les données sont collectées à travers les études pédologiques (observations de terrain, les analyses physico-chimiques, description des profils pédologiques), les enquêtes socio-économiques, la télédétection, la cartographie, etc.
- Périodicité de la collecte des données de suivi pédologique : variable selon la problématique. Les séries de données synchroniques et diachroniques doivent servir à la validation des indicateurs de changement. Il s'agit surtout de procéder à des analyses comparatives entre les indicateurs pour comprendre les tendances évolutives observées notamment chez les êtres vivants dans l'écosystème considéré.

3.5 SUIVRE LA BIODIVERSITÉ VÉGÉTALE TERRESTRE

Dans le cadre de la surveillance de la biodiversité végétale à long terme, il est essentiel d'utiliser des échantillons dans des zones balisées en permanence. Pour le suivi des communautés végétales ne présentant pas de gradient (géologiques ou topographiques) marqué, les parcelles permanentes sont recommandées. Dans le cas contraire, on utilise des transects permanents.

PARCELLES PERMANENTES

Les parcelles permanentes constituent des sources de vérification au sol des mesures obtenues via les images satellitaires. Les parcelles carrées sont adoptées comme norme.

Dans le cas des écosystèmes forestiers, deux tailles de parcelles carrées sont recommandées: les parcelles de 100 m × 100 m (1 ha) et les parcelles de 20 m × 20 m. Dans l'idéal on utilisera:

- au moins deux parcelles de 1 ha par type de forêt;
- au moins cinq quadrats autonomes de 20 m × 20 m.

La courbe d'accumulation des espèces (fig. 1) déterminera si ce nombre est suffisant. Afin d'éviter les biais, les parcelles doivent être distribuées et sélectionnées au hasard.

Principes de base des parcelles permanentes:

- éviter les effets de lisière;
- respecter les distances minimales entre parcelles;
- éviter des sites manifestant des variations atypiques et importantes (lac, champ, rivière, etc.);
- éviter les sites traversés par des sentiers ou des routes.

Données à recueillir:

- numéro de l'étiquette et l'espèce de tous les arbres sur pied dont le diamètre à hauteur de poitrine (DHP, fig. 2) égale ou dépasse 10 cm;
- emplacement de tous les arbres numérotés (localisés sur un plan);
- DHP de tous les arbres numérotés;
- état général de tous les arbres numérotés.

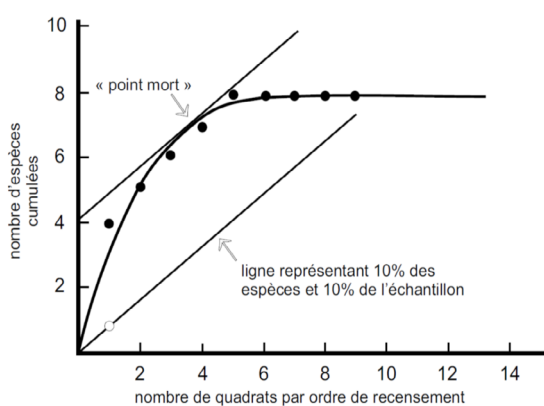


FIGURE 1

2:24

6:48

Rapport entre le nombre de quadrats et le nombre d'espèces cumulées.

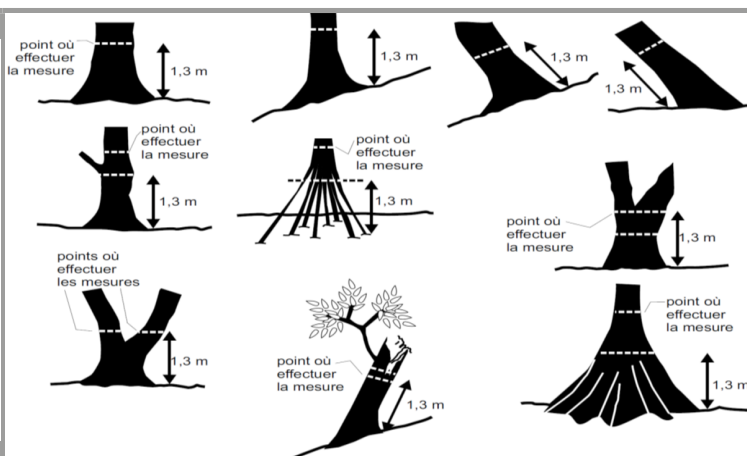


FIGURE 2

4:27

6:48

Mesure du DHP en fonction de la nature de l'arbre.

Autres données à recueillir et à consigner :

- la hauteur de tous les arbres numérotés;
- la hauteur de la branche vivante la plus basse de tous les arbres numérotés;
- l'âge du peuplement;
- des photographies et le degré de fermeture du couvert (par quadrat);
- le degré de fermeture du couvert.

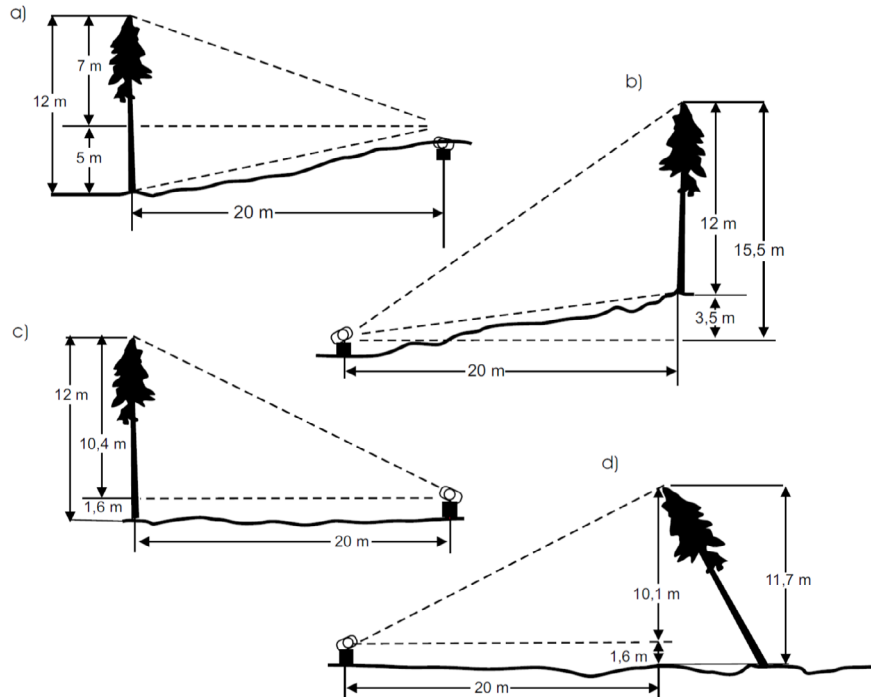


FIGURE 3

6:46 6:48

Mesure de la hauteur en fonction de la nature de l'arbre.

FRÉQUENCE DE MESURES

Les peuplements devraient être mesurés tous les cinq ans. S'ils sont la proie de graves intempéries, d'incendies ou d'un autre événement catastrophique, de nouvelles mesures doivent avoir lieu.

ANALYSE DES DONNÉES

Pour l'analyse des données, il faut :

- lister les espèces pour tous les arbres vivants sélectionnés;
- noter toutes les espèces rencontrées dans les parcelles ou quadrats autonomes permanents;
- calculer séparément pour chaque espèce (arbres vivants uniquement) : l'abondance, la surface terrière, la densité et la dominance, la fréquence, la densité relative, la dominance relative, la fréquence relative et la valeur d'importance.

3.6 MÉTHODES DE SUIVI DIRECT DES GRANDS MAMMIFÈRES

Le suivi direct des mammifères est effectué par des observations directes d'individus ou de groupes d'animaux. Il s'agit de suivre les tendances de certains AEC de cette population.

Plusieurs techniques d'inventaire sont utilisées, et parmi celles-ci, on distingue des méthodes :

- de comptage total où l'ensemble des individus de la population sont comptés ;
- d'échantillonnage aléatoire d'animaux, de telle sorte qu'ils soient représentatifs de la population dans son ensemble. Les unités d'échantillons les plus couramment utilisés sont les quadrats et les transects.

MÉTHODE DE SUIVI DIRECT : LE QUADRAT

Le principe des quadrats consiste à compter visuellement le nombre d'individus à l'intérieur d'une parcelle de surface prédéfinie disposée au hasard dans la zone d'étude. Tout individu observé à l'extérieur de la parcelle n'est pas compté. L'estimation de la population globale consiste alors à calculer la densité de l'échantillon, puis à étendre ce nombre à la surface totale de la zone d'étude.

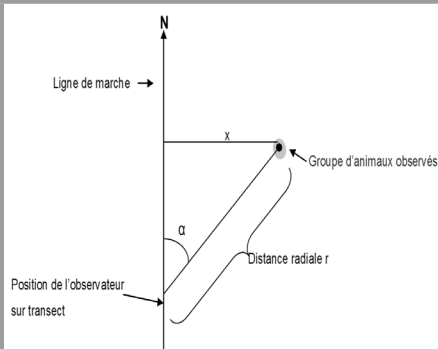


FIGURE 1

3:35

8:07

Comptage des individus par transect linéaire.

MÉTHODE DE SUIVI DIRECT : LE TRANSECT

La méthode consiste à chercher les animaux le long d'une ligne de largeur indéterminée. Chaque animal observé fournit une mesure de distance perpendiculaire à la ligne du transect (fig. 1). Trois mesures sont prises pour chaque observation :

- la distance d'observation (ou distance radiale) ;
- l'angle de vue ou angle d'observation ;
- la distance perpendiculaire.

L'estimation de la densité est alors obtenue par une formule prenant en compte le nombre d'observations (les contacts), la longueur totale des transects, la largeur de la bande d'observation déterminée par la distance à laquelle les animaux sont vus, et une fonction de probabilité de détection.

TECHNIQUE DE SUIVI DIRECT : CAPTURE-RECAPTURE

La technique de capture-recapture (MR, de l'anglais *mark and recapture*) est souvent utilisée pour collecter des données sur des espèces mobiles. La technique consiste à marquer puis à relâcher un nombre connu d'animaux d'une espèce particulière.

LES INDICES KILOMÉTRIQUES D'ABONDANCE

Les Indices Kilométriques d'Abondance (IKA) sont des observations faites lors de patrouilles de surveillance pédestre, corrigées selon l'effort produit (le temps de marche par exemple). Cette méthode convient aux espèces présentes en faible densité.

**TECHNIQUE DE SUIVI DIRECT: INDICE PONCTUEL D'ABONDANCE**

Cette technique consiste à compter les animaux à certains points fixes (par ex. les points d'eau) pour suivre les fluctuations de populations au cours du temps.

TECHNIQUE DE SUIVI DIRECT: MESURE DE LA TAILLE DES GROUPES

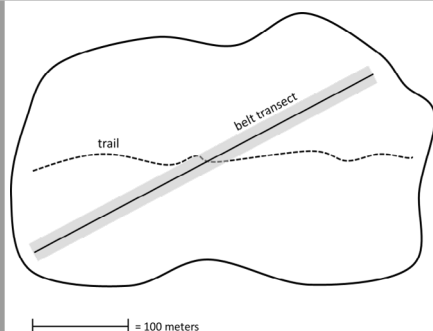
Le suivi régulier de cet indicateur permet de détecter des fluctuations dans la densité de l'espèce. Le suivi d'un échantillon permettra donc d'estimer les variations d'abondance sans avoir à compter toute la population.

CAPACITÉS REQUISES

Dans tous les cas, les techniques de suivi direct nécessitent :

- une bonne capacité à identifier les espèces et à en estimer l'effectif ;
- une bonne connaissance de la biologie de ces espèces ;
- de bonnes conditions d'observation.

3.7 MÉTHODES DE SUIVI INDIRECT DES GRANDS MAMMIFÈRES



Les méthodes de suivi indirect des mammifères sont utilisées dans le cas où les animaux eux-mêmes sont difficilement observables. Les approches de comptage indirect sont basées sur les mêmes techniques d'échantillonnage que dans le cas de suivi direct, et les plans de sondages utilisent des unités d'échantillons tels que les quadrats, les transects en ligne et les transects en bande (fig. 1, comptage effectué sur une surface déterminée de part et d'autre de l'axe de progression).

FIGURE 1

0:48

7:01

Transects en bande.

SUIVI DES EMPREINTES

Le suivi des empreintes peut être quotidien, et après chaque passage, il est indispensable d'effacer les signes déjà enregistrés. La densité de la population (D) peut alors être estimée par un calcul associant la densité de traces relevées avec la taille moyenne de l'habitat de l'espèce considérée.

SUIVI DES TRACES

La méthode de reconnaissance des traces permet dans certains cas de reconnaître un animal et de le suivre. La reconnaissance peut se réaliser en relevant des cicatrices, les tailles, des griffes manquantes, etc. Les empreintes d'une même espèce peuvent varier, et il est donc conseillé de combiner des observations directes de l'animal et de ses traces.

SUIVI DES GÎTES ET DES TERRIERS

Cette méthode consiste à suivre les sites de repos ou de reproduction des animaux. En pratique, il s'agira surtout de distinguer le nombre de terriers abandonnés, occupés par l'espèce étudiée, occupés par d'autres espèces, ainsi que le nombre d'individus par terriers occupés.

SUIVI DES NIDS

Cette méthode consiste à dénombrer les nids dans l'aire d'échantillonnage où les unités sont souvent des quadrats ou des transects. Il existe là encore une relation entre la densité des nids (N), la taille moyenne des groupes de nids, la vitesse de dégradation des nids (V) et la densité des chimpanzés (C).

SUIVI DES FÈCES

Cette méthode consiste à dénombrer toutes les piles de crottes dans l'aire d'échantillonnage dont les unités sont souvent des quadrats ou des transects. Chaque déjection observée est classée dans l'une de cinq catégories d'âges de déjection définies par les spécialistes selon qu'elles sont très fraîches à quasiment complètement décomposées. Seules les déjections relativement fraîches sont prises en compte dans les calculs d'estimation des densités de déjections.

SUIVI DES VOCALISES

La méthode utilisant les vocalises est une méthode utilisée essentiellement pour le suivi du lion. Elle consiste à enregistrer les vocalises à des points précis séparés d'un intervalle minimal de 13 km pour ne pas recompter les mêmes animaux. Une estimation de l'effectif minimal de la population de lion du site étudié (N) est ainsi obtenue.

3.8 SUIVI DES CARNIVORES

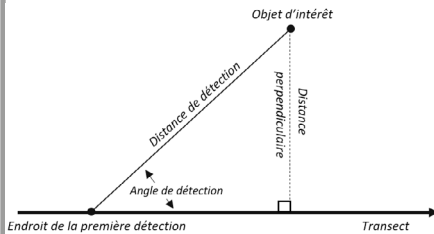


FIGURE 1

0:33

6:30

Détection du carnivore sur une ligne de transect.

SUIVI PAR OBSERVATIONS DIRECTES

De jour ou de nuits, deux ou trois observateurs parcourent toute la longueur des transects. Lorsqu'un animal est repéré, sa distance perpendiculaire à la ligne du transect est relevée (fig. 1). Le nombre d'animaux repérés par kilomètre parcouru fournit une indication de leur abondance relative. Lorsque la taille de l'échantillon le permet, les densités de population peuvent être estimées à l'aide du programme DISTANCE.

SUIVI PAR COMPTAGE DES DÉJECTIONS

Ce mode de suivi indirect s'effectue le long de lignes de progression. Un observateur inspecte le sol à la recherche des excréments, tandis que les autres gardent le cap, mesurent la distance parcourue et dégagent le sentier. Il existe une relation entre la densité des carnivores, en particulier les grands félins, le nombre de déjections produit par félin et par jour, le taux de décomposition des déjections et la densité de ces déjections.

SUIVI PAR COMPTAGE DES TRACES

Cette méthode consiste à dénombrer les traces de grands carnivores le long des lignes de progression. Le nombre de traces rencontrées par kilomètre parcouru permet d'obtenir un Indice Kilométrique d'Abondance (IKA). Chez toutes les espèces de grands carnivores, cette densité de traces est fortement corrélée à la densité de la population, et il existe des modèles simples de calcul.

SUIVI PAR ENREGISTREMENTS PHOTOGRAPHIQUES

Des enregistrements photographiques peuvent être effectués à l'aide de pièges photo. L'appareil doit être placé face à une piste fréquemment empruntée par les carnivores, et l'endroit doit être suffisamment étroit pour que les animaux soient obligés de passer près de l'appareil. Ce type de suivi permet d'obtenir des informations importantes sur la présence de l'espèce dans la zone et, parfois, sur la structure des populations.

SUIVI PAR LES STATIONS D'APPEL

Cette technique consiste à diffuser le son d'une espèce en détresse, par exemple un jeune buffle, pour attirer les lions alentour et de les compter. Ils sont généralement photographiés pour comparer les individus entre eux et pouvoir les différencier. Il faut évidemment déplacer la station d'appel pour essayer de couvrir différents territoires.

3.9 LE SUIVI DES POPULATIONS DE PRIMATES

Distance Sampling

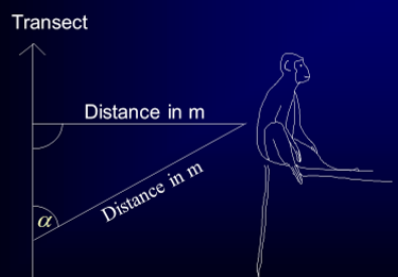


FIGURE 1

1:07

8:15

Le suivi par transects linéaires.

MÉTHODE DIRECTE : TRANSECTS LINÉAIRES

Deux ou trois ensembles de données sont nécessaires à l'analyse des données (fig. 1):

- la longueur du transect parcouru (sa longueur multipliée par le nombre de fois où il a été parcouru);
- le nombre de groupes rencontrés (groupes comptant à la fois des mâles et des femelles);
- la surface de forêt concernée (largeur du transect multipliée par la distance couverte).

Les deux premiers ensembles de données permettent de calculer l'abondance relative d'une espèce (nombre de groupes par kilomètre parcouru). Les trois ensembles de données permettent de calculer la densité de population (exprimées en groupes par kilomètre carré).

MÉTHODE INDIRECTE : COMPTAGE DES NIDS

Les informations suivantes sont essentielles à l'exploitation du comptage de nids au kilomètre carré:

- le taux de construction de nids par individu (compte tenu des différences d'âge);
- le temps nécessaire à la désintégration des nids au point de ne plus être reconnaissables.

Une fois ces informations réunies, il est possible d'effectuer des estimations raisonnables quant au taux de déclin des populations de gorilles et/ou de chimpanzés.

MÉTHODE INDIRECTE : CARTOGRAPHIE DES CRIS

Grâce à leurs cris puissants, certains animaux peuvent être détectés à de plus grandes distances que par des observations. Le travail de repérage doit être répété sur plusieurs jours en fonction de l'espèce, du site, de la saison et des conditions météo. De manière générale, le recensement doit être poursuivi jusqu'à obtention de résultats cohérents.

L'observateur doit enregistrer les données suivantes:

- la date, l'heure, l'espèce;
- le type de cri;
- la position (du cri par rapport à lui);
- la distance estimée observateur-animal;
- les coordonnées géographiques de la position de l'observateur.

Si le même groupe se fait encore entendre après que l'observateur se soit déplacé, il doit prendre de nouveaux relevés pour que la position du groupe puisse être calculée plus précisément par triangulation.

Les données sont traitées de la façon suivante:

- dresser une carte précise de la zone d'étude;
- estimer la distance entre l'observateur et l'animal entendu – reporter l'information sur la carte;
- dans le cas d'animaux couvrant de grandes distances, ne pas compter deux fois le même animal;
- sur la carte, reporter les animaux vus et non entendus.

3.10 DÉNOMBREMENT AÉRIEN

Certaines conditions sont préalables au choix de la technique du dénombrement aérien :

- elle se fait sur une large surface en milieu ouvert ;
- elle s'intéresse aux espèces facilement détectables.

Objectifs du suivi aérien :

- détecter et compter certaines espèces ;
- connaître la distribution spatiale des espèces et l'évolution du milieu ;
- détecter les pressions et menaces plus facilement.

AVANTAGES ET LIMITES DU SUIVI AÉRIEN

- Avantages: le survol est une méthode fiable pouvant se mettre en place rapidement. Elle mobilise peu de personnel et permet de couvrir de grandes surfaces. Le survol permet aussi d'accéder à des territoires non prospectés usuellement, et fournit une grande quantité d'informations aisément géo-référencables.
- Limites: la nature du milieu prospecté et les espèces recherchées, ainsi que le coût.



FIGURE 1

4:28

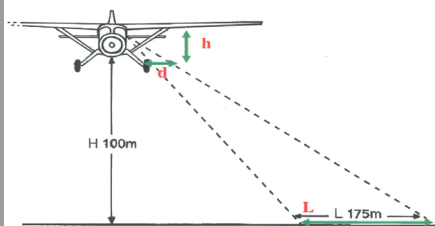
8:35

Découpage du parc national du Niokolo Koba en transects.

COMMENT PROCÉDER ?

Le dénombrement aérien repose sur la réalisation de transects. Les animaux sont recensés au sein de bandes théoriques au sol, préalablement calibrées sur l'avion lors de la préparation du protocole (fig. 1). Les dénombrements aériens se réalisent au moyen d'un avion à ailes hautes permettant une bonne visibilité du sol. L'équipe de comptage rassemble généralement quatre personnes :

- le pilote qui suit le plan de vol ;
- le navigateur qui enregistre les informations fournies par les observateurs et contrôle les paramètres de vol ;
- deux observateurs en places arrières chargés de détecter la faune.



5:24

8:35

Exemple de zone de portée d'un avion.

COMPTAGE PAR ÉCHANTILLONNAGE

Le comptage de choix en avion est par échantillonnage, car en faisant un comptage total, le risque de recompter les animaux qui se déplacent entre deux passages d'avion est grand.

- Étape 1 : définir une bande de comptage de chaque côté de l'avion (fig. 2) ;
- Étape 2 : étalonner l'avion (grâce à des banderoles attachées aux longerons) pour définir une zone de portée au sol de la largeur voulue ;
- Étape 3 : définir l'intervalle entre les transects en fonction du taux d'échantillonnage voulu et de la largeur de cette bande projetée.
- Étape 4 : lors du survol, comptabiliser strictement les animaux inclus dans la bande, afin de calculer ensuite une densité théorique et d'en extrapoler l'effectif total estimé.

SOURCES D'ERREURS ET RISQUES LIÉS AU SURVOL

Les sources d'erreurs et d'imprécisions sont liées au taux d'échantillonnage ; plus on fait de transects et plus les bandes sont larges, plus on couvre de territoire et donc plus la précision du dénombrement croît.

Éléments influençant le comptage :

- visibilité des espèces et taille des groupes ;
- météo et visibilité générale ;
- expérience et endurance des compteurs.



3.11 SUIVI DES ANIMAUX À DÉPLACEMENTS

DÉPLACEMENTS SUR DE COURTES DISTANCES

En fonction des espèces suivies, les écologues utilisent différentes méthodes :

- le radiotracking : un système de suivi ou de repérage à distance d'un animal préalablement équipé d'un émetteur radio. L'émetteur est rattaché à l'animal par un moyen adapté à sa conformation, son milieu et son mode de déplacement.
- bagues et marques de couleur : méthode utilisée sur des espèces facilement retrouvables. L'animal est équipé d'une bague numérotée et d'une plaque de couleur vive pour faciliter son identification à courte distance, cela permet de le reconnaître au sein de son groupe et de suivre individuellement ses mouvements et son comportement.
- décoloration de certaines parties du pelage.

DÉPLACEMENTS SUR DE LONGUES DISTANCES

Les écologues utilisent :

- des balises GPS (Global Positioning System) ou ARGOS permettant de connaître la position de l'animal à distance ;
- des bagues : surtout dans le cas d'oiseaux migrateurs. Cette technique nécessite de passer par la technique de capture (pour poser la bague) recapture (pour la lire).

UTILITÉ DES BALISES ET DES ÉMETTEURS

Les techniques utilisant des balises et des émetteurs sont d'excellents compléments aux autres techniques de suivi, permettant de compléter les données déjà obtenues. Ces méthodes présentent également un avantage certain en termes de coût.

4.2 LES ÉCHELLES DU SE

SUIVI LOCALISÉ

Le SE peut se concentrer sur une partie de l'AP. Si les indicateurs sont bien choisis, un suivi localisé peut donner des renseignements pertinents sur l'état de l'ensemble du parc. En effet, les conditions de conservation sont intrinsèquement liées et le succès local dépend d'une protection globale.

SUIVI D'UN RÉSEAU D'AP

Il est souvent indispensable de partager les méthodes et les résultats du suivi au sein d'un réseau de parcs ou entre AP couvrant le même type d'écosystèmes. En effet, cela permet de détecter une tendance globale au sein d'un site, visible à l'échelle de l'ensemble du réseau.

SUIVI D'UNE ESPÈCE SUR L'ENSEMBLE DES ZONES FRÉQUENTÉES

De nombreuses espèces sont une valeur pour une AP, mais leur distribution (spatiale ou temporelle) s'étend bien au-delà des limites de l'AP. Il devient alors nécessaire d'adapter ce suivi. Le suivi peut donc être étendu à l'ensemble des sites fréquentés, ou adapté aux moments où l'espèce fréquente chaque site – cela nécessite une très forte collaboration entre sites, pays ou régions.

SUIVI D'UNE ESPÈCE INDÉPENDAMMENT DES ZONES FRÉQUENTÉES

Il s'agit de se détacher du lieu et se concentrer sur l'espèce, où qu'elle soit. Ainsi, beaucoup d'espèces d'oiseaux migratrices sont suivies globalement à l'aide de bagues ou de balises car elles se déplacent beaucoup et de façon variable d'une année à l'autre.

SUIVI D'ÉCOSYSTÈMES DANS LEUR ENSEMBLE

Les images satellites permettent de suivre des écosystèmes dans leur ensemble, à très large échelle. Elles renseignent sur l'état de santé de morceaux entiers de la planète et permettent de mieux comprendre ce qui se passe à l'échelle locale en contextualisant cela plus largement.

4.3 SUIVI ÉCOLOGIQUE DES CONSERVANCIES NRT

Le réseau d'AP au Kenya inclut de nombreuses AP communautaires ou privées appelées *conservancies*, disposant de peu de moyens. La Northern Rangelands Trust (NRT) est une organisation apportant un support technique aux *conservancies* communautaires afin de contribuer à la mise en place d'un réseau de *conservancies* durables, assurant la conservation des ressources naturelles, tout en garantissant la sécurité dans ces territoires.

OUTILS COMMS

NRT propose un ensemble d'outils appelé CoMMS (modèles de fiche de suivi, de base de données et de type d'analyse de données) pouvant être ajustés et modelés en fonction des besoins de chaque *conservancy*. Afin de développer leur programme de SE basé sur ces outils, les gestionnaires, écogardes et parties prenantes impliquées procèdent comme suit :

- identification de la vision commune pour la *conservancy*;
- identification des espèces susceptibles d'apporter des informations utiles pour refléter l'état de santé de l'écosystème.

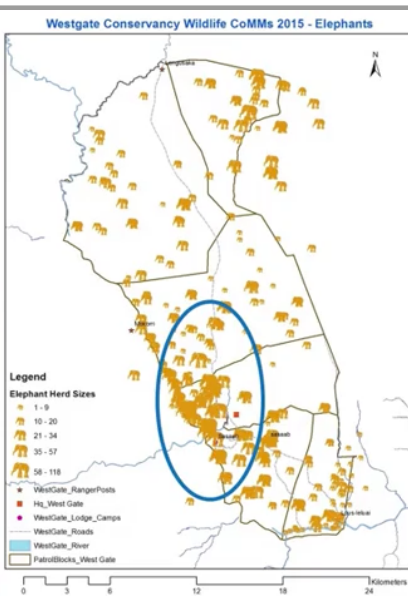


FIGURE 1

3:02 3:43

Distribution de la population d'éléphants dans la Westgate Conservancy en 2015.

COLLECTE ET STOCKAGE DES DONNÉES

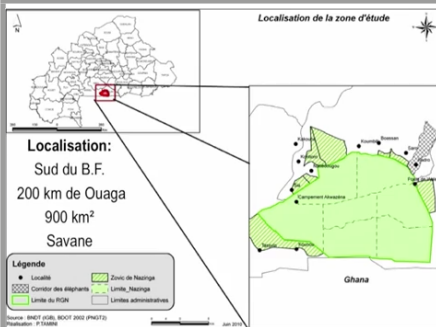
Les écogardes sont chargés de collecter les données lors de leurs patrouilles de surveillance. Il s'agira donc de comptages pédestres par blocs, et les outils utilisés pour la collecte des données sont de préférence durables et économiques (fiches à remplir la main). Les données sont ensuite enregistrées dans la base de données, et la personne en charge de cette base peut en extraire des rapports montrant l'évolution des populations des espèces suivies et leur distribution parmi les différents blocs qui composent l'AP. La figure 1 montre la distribution d'éléphants sur une année.

RAPPORTS DE SE

L'analyse des rapports mensuels du SE permet de réorienter le déploiement des futures patrouilles afin de garantir la couverture équitable de tous les blocs, ou de décider de la nécessité d'une intervention du gestionnaire.

L'exemple de CoMMS montre qu'il est possible de mettre en place des systèmes de SE simples, peu coûteux et apportant une information efficace pour la prise de décision de gestion. NRT apporte un soutien continu aux *conservancies* sans pour autant leur ôter leur autonomie et leur légitimité. En effet, les gestionnaires eux-mêmes décident des valeurs à suivre et collectent, stockent et analysent les données tout au long de l'année. Ainsi les gestionnaires s'approprient leur SE, ce qui garantit sa durabilité.

4.4 EXEMPLE DE SE DE LA FCRGN AU BURKINA FASO



Le ranch de gibier de Nazinga se situe au sud du Burkina Faso et couvre environ 900 km² (fig. 1). Il est entièrement logé dans une zone de savane, et il s'agit d'une AP de catégorie VI. La croissance démographique dans les nombreux villages entourant le parc est la principale pression s'exerçant sur le parc. Le braconnage et la demande d'espace pour l'agriculture pèsent lourdement sur la faune et sur la flore.

FIGURE 1

0:15

8:38

Le ranch de gibier de Nazinga.

STRATÉGIE DE CONSERVATION DU RANCH

Le ranch a adopté un système de SE continu de certaines des valeurs de son écosystème:

- suivi climatologique: permet de connaître l'état du milieu et les facteurs pouvant l'affecter;
- suivi des points d'eau: vise à contrôler la présence de l'eau de surface au cours du temps afin de connaître sa disponibilité pour les espèces animales du parc;
- suivi de la dynamique de la faune: il se fait essentiellement sur les espèces chassables d'ailleurs pour définir les quotas de prélèvement;
- suivi des pressions anthropiques: effectué sur les différentes valeurs animales et végétales du ranch;
- suivi de l'habitat et de la flore: renforcé par les activités de recherche orientées sur des thèmes spécifiques identifiés lors du suivi écologique.

SUIVI DES ÉLÉPHANTS

Les éléphants constituent un problème majeur de Nazinga en raison des conflits générés dans les zones villageoises. Le suivi de cette pression est effectué par la collecte d'informations portant sur les dégâts autour du ranch, systématiquement répertoriés et permettant de comprendre la dynamique de la population d'éléphants, afin de mettre en place les mesures préventives adéquates.

UTILITÉ DU SE À NAZINGA

Le système de SE mis en œuvre à Nazinga donne des informations d'ordre qualitatives et quantitatives au gestionnaire. Ainsi, des comparaisons interannuelles peuvent être effectuées, et les tendances évolutives des valeurs de l'AP peuvent être appréciées. Ce système permet aussi de réajuster les décisions de gestion et de valorisation des ressources naturelles dans l'AP, notamment en matière de chasse portant sur une valeur essentielle du ranch, le gibier.

4.5 AIRES MARINES PROTÉGÉES

Aldabra est un atoll des Seychelles, situé au nord de Madagascar, en plein Océan Indien. Il couvre environ 350 km² mais la plus grande partie est constituée d'un lagon émergé aux trois-quarts à marée basse. L'île ne compte aucun habitant autre que quelques chercheurs dans la station de recherche – elle fait l'objet du SE scrupuleux de ses nombreuses valeurs.

SUIVI DES TORTUES TERRESTRES ET MARINES

L'écologie des tortues terrestres est évaluée en suivant plusieurs centaines d'individus identifiés par un marquage sur la carapace, leurs déplacements sont suivis par des balises GPS, et leur impact sur le milieu est évalué par la mise en défend de placettes où la croissance de la végétation en absence de tortues est mesurée.

Les tortues marines font l'objet d'une approche similaire. Les pontes sont répertoriées la nuit sur des portions définies de plage, ce qui permet d'évaluer leur progression dans le temps. Certaines tortues sont baguées ou suivies par balise satellite, ce qui renseigne sur leur dispersion globale dans l'Océan Indien, et sur leur taux de survie.

OISEAUX DE MER

Les colonies d'oiseaux de mer, leurs nids et le nombre de poussins sont comptés annuellement, leurs déplacements sont suivis grâce à des balises. Les connaissances précises que procure le suivi des colonies de frégates permettent d'affirmer qu'aujourd'hui, Aldabra abrite la seconde plus grande colonie au monde d'oiseaux de mer.

ESPÈCES ENDÉMIQUES ET ENVAHISSANTES

Certaines espèces endémiques font l'objet d'un suivi ciblé : comptages réguliers, baguage pour évaluer les mouvements et le taux de survie.

Le suivi des espèces envahissantes est une part essentielle du SE de l'atoll. Ce suivi est surtout préventif, et consiste à détecter toute nouvelle espèce pouvant arriver et présenter un risque localement – dans ce cas, elle sera immédiatement éliminée.

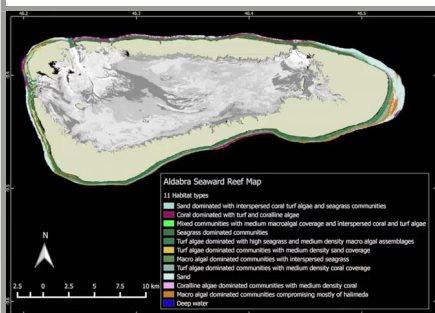


FIGURE 1

6:18

8:03

Pourtour corallien de l'atoll.

SUIVI DU MILIEU MARIN

L'ensemble du pourtour corallien de l'île a été cartographié (fig. 1) pour en permettre un suivi détaillé. La faune sous-marine est suivie, les espèces de poissons comptées, et les grands mammifères repérés depuis la côte pour suivre l'évolution de la fréquentation de leurs visites. Tout cela renseigne sur la santé du récif et permet de suivre les évolutions liées à l'augmentation de la température de l'océan.

BÉNÉFICES DU SE À ALDABRA

Ce SE associe une approche classique de suivi à la recherche. Cela se traduit par une performance de gestion exceptionnelle de l'atoll et confirme l'intérêt de la gestion adaptative basée sur la connaissance fine du milieu et des défis auxquels il fait face.

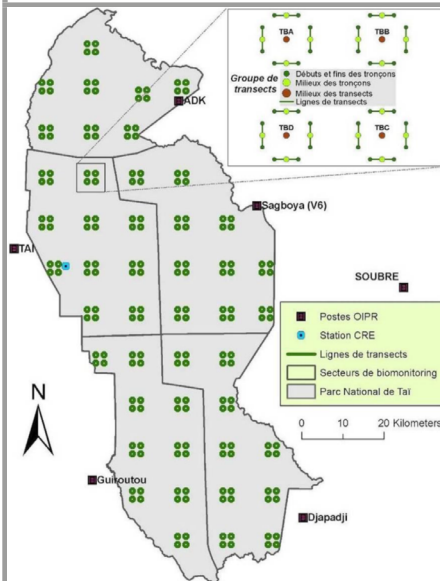
4.6 EXEMPLE DE SE EN MILIEU FORESTIER: LE CAS DU PARC NATIONAL DE TAÏ EN CÔTE D'IVOIRE

Le Parc national de Taï (PNT) est situé dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire. Il s'agit de la plus grande superficie de forêt ombrophile primaire sous protection en Afrique de l'Ouest.

SUIVI DES CÉPHALOPHES DANS LE PNT

Cette étude de cas s'intéresse au programme de SE mis en œuvre en 10 phases dans le PNT de 2005 à 2015. Les résultats pris en compte ici sont issus de la collecte de données relatives à la valeur « céphalophe », réalisée aux phases 2, 3 et 4 (entre août 2008 et février 2009) du SE. Les attributs écologiques suivants furent mesurés :

- la taille des populations de céphalophes dans le parc ;
- les types d'agressions subies par les céphalophes dans le parc ;
- la distribution des agressions et des populations de céphalophes à l'intérieur du parc.



MÉTHODE DE SE UTILISÉE

La méthode de SE utilisée pour renseigner ces trois attributs écologiques reposait sur un balayage complet de toute l'étendue du parc sur la base de transects (fig. 1). Il s'agissait de rechercher les observations directes et indirectes de présence de céphalophes, et les pressions relatives.

FIGURE 1

1:46

5:50

Disposition des différents groupes de transects sur toute l'étendue du parc.)

ANALYSE DES DONNÉES

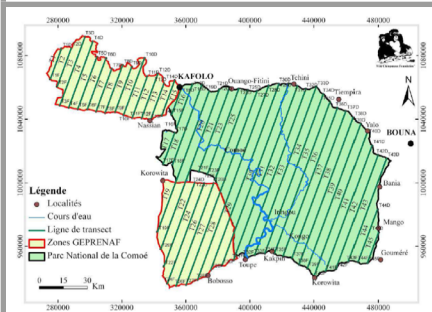
L'analyse des données consistait principalement à calculer des taux de rencontre et des proportions à partir des données brutes pour estimer la taille de la population de céphalophes dans le parc.

Dans l'ensemble, le taux de rencontre des céphalophes augmente dans le PNT au cours des années, tandis que les indices d'agression se stabilisent ou diminuent. Ces résultats témoignent des impacts des mesures de gestion mises en place pour conserver cette valeur « céphalophe », prise comme exemple ici pour l'ensemble des populations animales, et pour réduire les pressions dont elle est la cible. Cela démontre donc le succès de la gestion du parc.

4.7 EXEMPLE DE SE EN MILIEU SAVANICOLE: LE CAS DU PARC NATIONAL DE LA COMOÉ EN CÔTE D'IVOIRE

CONTEXTE DU PARC NATIONAL DE COMOÉ

Le Parc national de la Comoé (PNC) est situé dans le nord-est de la Côte d'Ivoire et il est le plus grand espace protégé de l'Afrique de l'Ouest sub-saharienne. Ce parc est représentatif des biomes de savane en Côte d'Ivoire. La crise militaire qu'a traversé la Côte d'Ivoire entre 2002 et 2011 s'est manifestée par la recrudescence des activités d'orpillage, de transhumance illégale et de braconnage ayant causé la raréfaction de certaines espèces animales comme le chimpanzé, l'éléphant et le lion.



SUIVI AÉRIEN DU PNC

Deux inventaires aériens ont été réalisés dans le PNC en 2010 et en 2014, visant à redécouvrir l'état du parc et de ses valeurs, pour ensuite pouvoir réorganiser la gestion en fonction des priorités identifiées. La méthodologie de collecte des données a consisté à survoler systématiquement la zone d'étude en faisant un échantillonnage par transects linéaires de longueur variable (fig. 1).

FIGURE 1

1:47

6:49

Découpage de Comoé en transects.

RÉSULTATS DU SUIVI AÉRIEN

Le survol du parc a permis d'obtenir des informations fondamentales relatives à l'état des principales espèces animales encore présentes (et donc potentielles valeurs de l'AP) et de leurs attributs (effectifs, répartition, composition des groupes, pressions). Le fait de reproduire la collecte de données dans des conditions similaires permet de déterminer les tendances évolutives de ces attributs, à une période où il était essentiel de suivre de façon fine l'impact des décisions de gestion d'un parc alors en phase de reconquête.

Des efforts importants de conservation ont ainsi été faits par les gestionnaires, et ces données d'inventaires sont en mesure d'en démontrer les résultats (fig. 2).

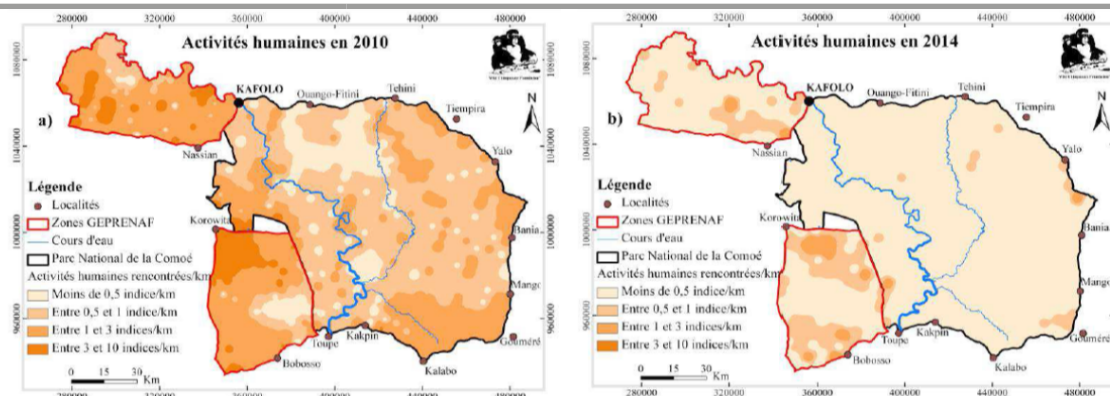


FIGURE 2

5:04

6:49

Évolution de l'activité humaine dans le parc.

4.8 SUIVI DES POPULATIONS D'OISEAUX D'EAU

Les zones humides sont des écotones, espaces de transition entre la terre et l'eau, qui remplissent diverses fonctions leur conférant des valeurs biologiques, hydrologiques, économiques et sociologiques remarquables. Selon la Convention de Ramsar, les oiseaux d'eau sont « les espèces d'oiseaux écologiquement dépendantes des zones humides ».

POURQUOI SUIVRE LES OISEAUX D'EAU

- Ils sont reconnus comme des indicateurs de la qualité des zones humides.
- Ils font l'objet d'une utilisation durable, à travers le tourisme de vision, ou de la chasse.
- Le suivi permet d'élaborer ou d'actualiser les plans de gestion des zones humides ou d'établir des plans de prélèvement en cohérence avec la ressource disponible.

MÉTHODES DE SUIVI DIRECT DES OISEAUX D'EAU

Le suivi doit absolument reposer sur du personnel expérimenté et faire l'objet d'une préparation attentive. Le suivi direct des populations d'oiseaux d'eau peut se faire de différentes manières. On distingue :

- le comptage au sol effectué à pied, à vélo ou en voiture ;
- le suivi depuis une embarcation ;
- le suivi aérien depuis un avion ou un hélicoptère.

COMPTAGE

À chaque inventaire, le site est couvert en suivant, à pied, un parcours déterminé à l'avance, sur le modèle d'un transect, identique à chaque visite. Compte tenu de l'abondance d'individus à certains endroits, le comptage d'oiseau est souvent effectué « par blocs ».

OBSERVATION D'OISEAUX NICHEURS

Dans le cas d'une colonie d'oiseaux nicheurs, il est important de minimiser le dérangement des oiseaux et les observateurs doivent éviter de s'approcher trop près. Comme pour tout suivi visant à détecter des variations temporelles, il faudra dénombrer les mêmes sites, saison après saison suivant le même protocole standardisé. Les différentes méthodes peuvent aller d'une estimation approximative du nombre total d'oiseaux nicheurs présents, à un comptage exact du nombre de nids occupés.

OBSERVATION DE COLONIES DE GRANDE TAILLE

Là aussi, le comptage peut se faire en bloc. Un échantillonnage de type quadrats peut s'avérer utile pour les colonies nichant sur de grandes superficies, et de faire des extrapolations pour estimer le nombre total d'oiseaux présents.



4.9 LE SUIVI ÉCOLOGIQUE DES ÉLÉPHANTS

ÉTUDIER LA RÉPARTITION DES ÉLÉPHANTS

Étudier la répartition des éléphants dans et autour de l'AP permet de détecter les déplacements anormaux dus à des pressions anthropiques. Plusieurs techniques peuvent être utilisées :

- suivi des traces (crottes et empreintes) à partir de transects répartis dans toute l'AP ;
- emploi de radio télémétrie ou de suivi satellite ;
- suivi des dommages créés par les éléphants sur certaines forêts fragiles de l'AP.

ÉTUDIER LA DENSITÉ ET L'ABONDANCE D'ÉLÉPHANTS

En savane, des recensements aériens ou terrestres (à pied ou en voiture) peuvent être effectués en comptant les éléphants sur des transects. Dans les forêts denses d'Afrique centrale, il est préférable de se limiter aux recensements terrestres, ou aux méthodes dites de « capture-recapture » par piège photo ou par prélèvement ADN sur les fèces. Des modèles statistiques permettent ensuite de déduire l'abondance et la densité d'éléphants dans la zone étudiée.

Certains gestionnaires vont plus loin et cherchent à détecter des anomalies dans la structure sociale du mammifère. La taille des groupes ou famille d'éléphants peut être modifiée à cause de la suppression de certaines classes d'âge, par exemple.

ÉTUDIER LES MENACES SUR LES ÉLÉPHANTS ET LEUR HABITAT

Ce suivi permet de vérifier l'efficacité des actions de gestion. Il est effectué en mesurant l'effort de patrouilles, le taux d'arrestations de contrevenants et le suivi de leur incrimination.

Il existe de multiples méthodes plus ou moins élaborées et fiables pour répondre aux différentes questions de gestion. Dans les cas où les ressources sont limitées, il est préférable de se limiter au suivi de la distribution des éléphants et des menaces qu'ils subissent – les données ainsi obtenues procurent des informations fondamentales pour leur conservation.

4.10 20 RÈGLES D'OR

Le SE s'attelle à évaluer l'état de santé d'une valeur de l'AP. Cette valeur est caractérisée par ses attributs écologiques, eux-mêmes décrits par des indicateurs. Tout cela respecte un protocole précisant le plan d'échantillonnage, la méthode à utiliser, dépendante du contexte, des compétences et des moyens disponibles.

Voici donc quelques règles simples à garder à l'esprit :

1. Le SE poursuit un objectif.
2. L'objectif du SE est clairement articulé et il est compréhensible.
3. Le SE fait partie du cycle de la gestion de l'AP.
4. Le suivi est basé sur les valeurs de l'AP.
5. La qualité du suivi est importante et elle doit être évaluée.
6. L'écologie des valeurs doit être connue pour choisir la bonne méthode.
7. Le SE est adapté aux valeurs visées par la gestion de l'AP.
8. L'échantillonnage proposé doit être adapté à l'objectif poursuivi.
9. Le suivi est souvent aléatoire pour être représentatif.
10. La méthode employée doit être durable.
11. Les résultats du suivi doivent être « honnêtes ».
12. Il ne faut pas perdre de vue les hypothèses préalables.
13. La méthode de recueil des données doit pouvoir être répliquée dans le temps.
14. Le SE doit livrer des résultats interprétables facilement.
15. Le SE conduit à des extrapolations sensées.
16. Le SE doit être adapté au site et à ses capacités.
17. Le SE doit être optimisé pour durer.
18. Le SE livre des données qui resteront accessibles.
19. Le SE permet le partage des résultats.
20. Le SE doit être adopté localement par les acteurs en charge.



BOOCs
EPFL

Suivi écologique

Geoffroy Mauvais, Béatrice Chataigner,
Victor M. Panaretos, Emmanuel
M. Hema et Inza Kone



47

IMPRESSUM

© EPFL Press, 2017.
Tous droits réservés.

Graphisme :
Emphase Sàrl, Lausanne

Résumé : Madeleine Coetzer

Développés par EPFL Press, les BOOCs (Book and Open Online Courses) sont le support compagnon des MOOCs proposés par l'École polytechnique fédérale de Lausanne. Valeur ajoutée aux MOOCs, ils rassemblent l'essentiel à retenir pour l'obtention du certificat et constituent un atout pédagogique. Learn faster, learn better. Bonne révision!

ISBN 978-2-88914-421-1



Le MOOC sur lequel se base cet ouvrage est le fruit d'un partenariat entre André Hoffmann, l'EPFL et l'UICN (via le partenariat France-UICN).