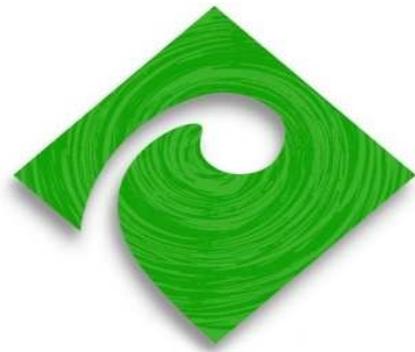




ECOLE PRATIQUE DES HAUTES ETUDES

RAPPORT DE STAGE :

«Aide à l'évaluation de protocoles de collecte des données à visées scientifiques dans les Parcs nationaux de France ».



JULES CHIFFARD CARRICABURU

TUTEUR SCIENTIFIQUE : AURELIEN BESNARD ; TUTEUR PEDAGOGIQUE : BRUNO DELESSALLE

Table des matières :

INTRODUCTION	2
BIBLIOGRAPHIE / CONTEXTE	3
CONSTRUCTION DE LA GRILLE D’EVALUATION DES PROTOCOLES	6
CONCLUSION	9

« TOUT CE QUI EST SIMPLE EST FAUX, TOUT CE QUI NE L’EST PAS EST
INUTILISABLE »

PAUL VALERY.

INTRODUCTION

Ce rapport synthétise en quelques pages le travail réalisé d'Octobre 2010 à Mai 2011, dans le cadre de mon stage de M1 à l'EPHE (parcours Environnement et Gestion de la Biodiversité). Un stage de 8 mois qui s'est déroulé au CEFE-CNRS de Montpellier au sein de l'équipe « biogéographe et écologie des vertébrés ». Celui-ci s'inscrit dans le cadre d'une collaboration entre Parc Nationaux de France et le laboratoire du Centre d'Ecologie Fonctionnelle et évolutive UMR5175 du CNRS de Montpellier.

Les Parcs Nationaux Français ont manifesté la volonté de synthétiser et d'évaluer les opérations de collecte de données à visée scientifique menées depuis leur création sur leurs territoires. Cet état des lieux est particulièrement important à l'heure où les besoins en données rigoureuses concernant l'évolution de la biodiversité se font de plus en plus pressants, et que le concept même d'évaluation de la biodiversité est en évolution permanente (Van Jaarsveld, 1998). Cette synthèse a été réalisée entre mars 2010 et décembre 2010 sous la direction d'Aurélien Besnard, maître de conférences EPHE basé au CEFE-CNRS de Montpellier. Adrien Jailloux (Ingénieur agronome-Rennes) a été le premier stagiaire sur ce sujet, il s'est investi dans la création et l'implémentation d'une base de données référençant l'ensemble des opérations de collecte de données en cours ou passées sur le territoire des sept parcs métropolitains et de la Guadeloupe. Ses principaux constats (Jailloux, 2010) sont :

- L'augmentation continue du nombre d'opérations en cours au sein des Parcs.
- Un déséquilibre très net dans la représentation des taxons étudiés en faveur de la Faune par rapport à la Flore et en faveur des vertébrés (Mammifères et oiseaux principalement) sur les invertébrés.
- La volonté récente de contrebalancer ces déséquilibres.

Mon stage a débuté dans la continuité de ce travail de synthèse avec cette fois pour objectif d'aider les parcs à mettre en œuvre une démarche d'auto-évaluation de la pertinence, et de la robustesse de leurs protocoles. Cet objectif se déclinait en trois étapes : la création d'une grille d'analyse applicable à l'ensemble des protocoles et son utilisation sur 20 protocoles « tests » sélectionnés par les parcs, puis la construction d'outils logiciels implémentant de manière très simple des « tests de puissance ». Ces outils ont été conçus en confrontant les aspects méthodologiques et statistiques des théoriciens aux points de vue pratiques des responsables et gardes des parcs, qui sont complémentaires. Le travail sur la programmation de tests de puissance est en cours, il ne sera donc que brièvement abordé dans ce rapport.

BIBLIOGRAPHIE / CONTEXTE

De nombreux pays développés ont mis en place, durant ces dernières décennies, des programmes de suivi de la biodiversité. Ces programmes peuvent avoir différents objectifs comme fournir des données chiffrées sur l'érosion de la biodiversité, ou surveiller l'évolution d'une espèce, ou encore contrôler l'efficacité de mesures de gestion, etc. Les politiques et le public attendent de ces programmes qu'ils renseignent donc sur les tendances en cours sur leurs territoires notamment pour aider à la prise de décision (Pullin, 2009). Aujourd'hui, et malgré les efforts des acteurs de la conservation, l'objectif n'est toujours pas rempli (Balmford, 2006) : l'érosion de la biodiversité reste peu renseignée, et le public n'est pas conscient des moyens et des connaissances nécessaires pour « chiffrer » son évolution. Des évaluations récentes ont révélé les principales lacunes des programmes de suivis : des objectifs peu clairs dans leur définition, ainsi qu'une sous estimation des sources d'erreurs dans les mesures (Yoccoz, 2001). Ces lacunes relatives à la méthodologie employée s'expliquent facilement par l'histoire de la discipline, encore récente et en évolution permanente : on assiste encore fréquemment à la définition de nouvelles techniques d'études plus adaptées aux besoins des gestionnaires, comme l'« adaptive sampling » ou les méthodes d'« occupancy » (Lindenmayer, 2009 ; Besnard, 2010). L'évaluation souhaitée par les Parcs Nationaux semble être un projet qui prend forme à une époque qui est, au vu de la bibliographie actuelle sur le sujet, particulièrement importante pour la redéfinition d'une stratégie de suivi de la biodiversité à toutes les échelles : locale, nationale, et internationale.

Suite à une recherche abordant des questions générales relatives à l'importance du suivi de la biodiversité en termes de conservation (par exemple Balmford, 2006), la seconde partie de ma recherche bibliographique s'est focalisée sur les aspects théoriques et pratiques de l'implémentation de tests de puissance. Avant de définir le test de puissance, il convient dans un premier temps de bien maîtriser les hypothèses de base émises lors de l'analyse des données par des tests statistiques. Lors de l'émission des hypothèses H_0 (pas d'effet ou pas de changement) et H_1 (présence d'un effet / d'un changement) inhérentes à ces tests, deux risques sont définis : (cf. Fig.1)

- α : le risque de rejeter H_0 suite à l'analyse des données, alors que cette hypothèse est vraie.

- β : le risque de ne pas rejeter H_0 suite à l'analyse des données, alors que cette hypothèse était fausse.

La puissance d'une opération de collecte de données est égale à $1-\beta$, c'est-à-dire la probabilité de rejeter H_0 (et donc d'accepter H_1) si H_1 est effectivement vraie.

Decision	Reality	
	H_0 true (no impact)	H_0 false (Impact?)
Reject H_0 (Impact?)	Type I error (α)	No error—statistical power ($1 - \beta$)
Not reject H_0 (No impact detected)	No error ($1 - \alpha$)	Type II error (β)

Figure 1: Les hypothèses de base en tests statistiques (tiré de Mapstone, 1995)

Concernant ces hypothèses de base, quelques sujets de débats ont été relevés : ainsi l'utilisation d'une valeur standardisée comme seuil de significativité des tests statistiques, (pour la valeur α), est souvent désignée comme arbitraire, et pose question (Johnson 1999). En effet selon les situations, le risque α n'aura pas du tout les mêmes conséquences qu'une erreur de type β (la probabilité de ne pas rejeter H_0 alors que H_0 est fausse), particulièrement pour les espèces en danger (Di Stefano, 2003).

Parmi les différentes formes de tests de puissance, certains sont analytiques (Gerodette, 1987), d'autres, pour des situations plus complexes, passent par la construction de simulations qui reproduisent le jeu de données fourni par notre protocole, avec H_1 vraie (Strayer, 1999). On applique donc à notre jeu de données un changement attendu. En appliquant ensuite à ces jeux de données simulés le test statistique choisi, on obtient la proportion de cas pour lesquels le test est significatif ; qui est sa puissance.

Par exemple, si cette proportion est de 0.9, notre protocole, à condition d'avoir correctement estimé ses biais, a 90% de chances de détecter la variation attendue (et donc $\beta = 1 - 0,9 = 0,1$). Ainsi, si la puissance statistique est faible, on ne peut donner que peu de crédit à une conclusion basée sur le non-rejet de H_0 (Peterman, 1990). Avec ce raisonnement le test de puissance peut également être utilisé après une étude si celle-ci n'a pas montré de résultats significatifs, mais il perd tout son intérêt en termes d'optimisation de moyens.

Pour mieux définir l'enjeu autour de l'utilisation de ces tests, il est important de rappeler dès maintenant que « toutes les variables d'un système écologique sont corrélées, et que toute hypothèse nulle supposant l'absence d'effet d'une variable sur une autre est en fait, fausse » (Johnson, 1999). En effet, à condition de pouvoir quantifier les biais, plus un protocole multiplie les mesures, et donc plus l'échantillon acquis est important, plus la précision sera importante (on détectera donc de faibles variations dans nos données, de façon significative). Le test de puissance sert donc à définir cette précision en fonction des moyens mis en œuvre. Ces informations sont particulièrement intéressantes pour optimiser les études (Zielinski, 1996 ; Steidl, 1997) ainsi que pour tester et définir de nouvelles méthodologies (Waite, 2006). Ces tests peuvent également être utilisés pour comparer deux méthodologies d'étude différentes (Fore, 2005). Taylor (1993) nous rappelle également que plus une espèce est rare, plus l'échantillon sera petit et donc plus il sera compliqué de mettre en œuvre un protocole permettant de détecter une variation dans la population ; le test de puissance peut alors conduire à décider de ne pas se lancer dans des études alors que la priorité est à l'action dans certains cas.

Même si de nombreux chercheurs utilisent ces tests pour prédire la taille de l'échantillon nécessaire dans leurs propositions d'études, et publications, de nombreuses imperfections dans son utilisation sont notées, notamment dans l'utilisation de tests de puissance rétrospectifs, ou l'utilisation de valeurs de taille d'effets standardisées dans le calcul du test de puissance (Baguley, 2004).

Nous avons défendu l'intérêt de l'utilisation du test de puissance cet hiver dans un article de la revue « Espaces Naturels » à destination de l'ensemble des acteurs de la gestion en France. Notre texte rappelle que :

« Pour obtenir des résultats significatifs en limitant ses dépenses, le gestionnaire devra optimiser son effort d'échantillonnage: combien de placettes, de points d'écoute, combien de nids parmi tous les possibles doit-on étudier pour détecter une variation d'effectifs ?

Ceci dépend de deux facteurs :

- L'ampleur du changement attendu (veut-on détecter de petits changements ou uniquement des événements importants ?)

- La variabilité de ce que l'on observe : il sera plus facile de détecter un changement dans une population stable ou répartie de façon homogène que dans une population dont les effectifs sont très variables dans le temps ou l'espace.

Le type de question sera : « combien de points d'écoute doit-on effectuer pour détecter une baisse de 10% de la population sur cinq ans ? ».

Le test de puissance permet d'y répondre : cet outil mathématique pointu prend en compte la variabilité et la taille des échantillons, pour évaluer a priori l'effort d'échantillonnage nécessaire (...) il permet d'optimiser l'investissement sur le terrain, ou de ne pas se lancer dans des protocoles inopérants » .

On devine ici que la précision obtenue peut-être améliorée, non seulement en augmentant la taille de l'échantillon (et donc l'effort d'échantillonnage), mais aussi en réduisant la variabilité du jeu de données (réduire la variabilité individuelle, réduire la variabilité de la mesure effectuée, et donc standardiser les variables qui influencent la population ou la mesure). Autrement dit en améliorant la précision de la mesure et la standardisation du design utilisé (Baguley, 2004).

L'intérêt du test de puissance est reconnu dans la totalité des publications mentionnant ce mot clé, particulièrement pendant les phases de conception d'une étude (Di Stefano, 2003). Son utilisation reste soumise à certaines conditions importantes : il sous-entend une bonne connaissance préalable du système (variabilité dans les données, ampleur et patrons de changement attendu), une bonne connaissance des biais éventuels du protocole d'étude, et surtout passe après la compréhension de la variabilité à long terme d'une population (Seavy, 2007) : « pour le gestionnaire le challenge le plus important n'est pas la puissance statistique mais une compréhension de ce qui est biologiquement significatif » (Reed, 1997).

Nous travaillons actuellement à développer des programmes accessibles en téléchargement gratuit et utilisables sous R, permettant aux personnes qui le souhaitent, à condition qu'ils aient une idée de la variabilité dans leurs données, d'utiliser ces tests de puissance (cf. Fig.2). Ce travail étant hors convention avec les Parcs, il n'a pas été prioritaire sur la période de mon stage et est encore en cours.

CONSTRUCTION DE LA GRILLE D'ÉVALUATION DES PROTOCOLES

La grille d'évaluation pour les Parcs Nationaux a été conçue suite à mon travail de bibliographie, et au suivi d'une formation concernant la création de plans d'échantillonnage, donnée en Janvier 2011 par Aurélien Besnard au sein des parcs. Sa conception était le principal défi de ce stage. Cette grille est un outil qui a pour objectif d'être utilisé par les personnels des parcs pour évaluer en interne (auto-évaluation) l'ensemble des opérations des Parcs. En effet, plus de 400 protocoles de suivis sont actuellement en cours de réalisation sur ces territoires (Jailloux 2010), et de nombreuses lacunes, relativement similaires à celles signalées dans la bibliographie (Yoccoz, 2001), ont pu être détectées mais nécessitent une formalisation. Notre objectif était donc de produire un outil aux caractéristiques suivantes :

- Relativement simple d'utilisation (ne nécessitant pas de compétences pointues en statistiques)
- Didactique (rappelant les notions les plus importantes à acquérir et pointant verbalement les points forts / points faibles des protocoles)
- Généraliste (pouvant s'appliquer aux 400 suivis voire à d'autres protocoles)

Nous avons donc choisi d'orienter cette grille vers un maximum de compatibilité avec l'ensemble des opérations, pourtant très différentes, menées sur les territoires des parcs. Les 20 protocoles à évaluer ont ainsi été choisis de façon à obtenir un éventail diversifié de méthodes et de questions, afin de vérifier que l'outil créé soit souple. Cette grille a dû se mesurer à des cas aussi variés que les suivis des flux de bois morts dans les îlots de sénescence des Cévennes, la veille pathologique des ongulés dans les écrins, ou les prises de gibier par les habitants du Parc de Guyane. Elle a été conçue dans un premier temps au format Excel, pour des raisons pratiques (disponibilité du logiciel, possibilité de créer des liens variés entre différents champs). Son fonctionnement est basé sur des questions avec réponses à choix multiples et se caractérise par la présence d'une grille principale constituée de 34 questions, ainsi que de 5 grilles d'approfondissement (voir grille fichier Excel jointe au rapport), Cet outil réagit au fur et à mesure des réponses apportées aux différentes questions.

Par exemple, si la réponse aux questions « Les données relevées sur le terrain sont elles influencées par l'observateur ? » et « Le nom de l'observateur est-il renseigné ? » sont : « OUI », alors il sera demandé de répondre à la question suivante : « Prise en compte de l'effet observateur dans l'analyse des données ? »

Les résultats sont classés en 8 catégories bien distinctes, et pour chacune de ces catégories est donnée une note négative et une note positive. Il nous semblait en effet peu approprié d'attribuer une note globale à un protocole, et bien plus pertinent de séparer les aspects positifs et négatifs d'une opération pour chacune de ces catégories. Nous avons aussi et surtout développé un ensemble de liens entre les réponses de manière à fournir des éléments d'évaluation rédigés en complément du système de notation. Ces éléments rédigés constituent

sans doute le point le plus intéressant de la grille pour ses utilisateurs. En effet ils permettent une transmission des notions relativement complexes utilisées en méthodologie.

Pour reprendre l'exemple précédent, si la réponse apportée à la question « Les données relevées sur le terrain sont elles influencées par l'observateur ? » est « OUI » et que la réponse apportée à la question : « Le nom de l'observateur est-il renseigné ? » est « NON », l'onglet résultat précisera : « !! LA VARIABLE OBSERVATEUR NE PEUT ETRE PRISE EN COMPTE. C'EST UN BIAIS DANS LE PROTOCOLE » et 4 points négatifs apparaitront dans le total de la catégorie OBSERVATEUR ; à l'inverse, si les réponses aux deux questions citées précédemment et si la réponse à la question « Prise en compte de l'effet observateur dans l'analyse des données ? » sont « OUI », l'onglet de résultat précisera : « + L'ANALYSE PREND EN COMPTE L'INFLUENCE DE L'OBSERVATEUR » et trois points positifs seront apportés à la catégorie OBSERVATEUR ainsi qu'à la catégorie DONNEES.

Bien sûr, les résultats et commentaires sont très généraux. Il est ensuite du ressort de l'utilisateur de les interpréter. Pour aider dans cette démarche, mais aussi pour remplir la grille, question par question, un manuel a été rédigé. Il rappelle également quelques concepts importants à connaître pour mener correctement sa propre réflexion sur la conception ou la révision d'une opération de collecte de données. Enfin, il permet grâce à des exemples concrets tirés des 20 protocoles choisis par les Parcs pour évaluation, d'illustrer l'articulation entre les résultats de la grille et leur interprétation.

L'ensemble de ces éléments donnent un outil efficace, qui permet d'identifier sans ambiguïté les points forts et faibles de chaque opération et fournissent aussi des pistes pour d'éventuelles modifications ou améliorations. Le fait de répondre, et donc de se poser l'ensemble des questions de la grille constitue en soit un travail constructif d'évaluation, indépendamment même des résultats fournis par la grille. L'implémentation de la grille demande de revoir les notions de bases de méthodologie, présentes dans le manuel, et de connaître en profondeur l'étude en cours d'évaluation. Ces éléments répondent aux attentes de la convention avec les Parcs en termes d'évaluation.

Les différentes catégories citées ci-dessous ont été définies lors des premières phases de conception de la grille:

- Questions générales : ces deux questions sont relatives à la définition d'une question claire, et d'une variable cible étudiée. Nos premières évaluations confirment la bibliographie : ces questions sont souvent peu explicites, et appuient donc sur un des points critiques des opérations menées au sein des organismes de gestion du patrimoine naturel.
 - Conception : permettent d'évaluer si les grandes règles en termes d'échantillonnage et de définition claire d'une méthode sont respectées.
 - Variation géographique
 - Variation temporelle
 - Prise en compte de l'observateur
 - Autres variables
- } Les 3 premières catégories couvrent les grands types de variables assurément rencontrées en écologie, la catégorie « autres variables » incite à la recherche d'autres sources de variabilité.
- Précision de la mesure : comme on a pu le voir dans la partie bibliographie, la précision de la mesure est décisive pour estimer correctement la puissance globale du protocole.

- Respect du protocole : cette partie est également importante car elle permet de couvrir des biais parfois inattendus, qui sont susceptibles d'apparaître lors de l'application du protocole sur le terrain, particulièrement dans des structures importantes et pérennes comme les parcs nationaux.
- Stockage et analyse des données : cette partie de l'étude est primordiale pour les gestionnaires, qui doivent se poser ces questions *à priori* pour mener une étude pertinente sur le terrain.

Après quelques retours des référents des parcs concernant les protocoles « tests », les problèmes pressentis avant implémentation ressortent bien dans les onglets « résultats » de la grille d'évaluation (cf. Fig.2 et 3 ci dessous). L'outil est relativement simple à utiliser, en fonction bien sûr de l'aisance de l'utilisateur sur l'outil informatique, ainsi que de ses notions en méthodologie et en statistique. Les notes remplissent leur rôle de localisation des points positifs ou négatifs (lisibilité), tandis que les commentaires semblent bien pertinents en termes d'évaluation et fournissent des résultats aisés à interpréter.

					remplie à :	100,00%			0,00%
CONCEPTION					NOTES :	GRILLE GENERALE		DETAIL	
						0	9	0	0
						-12	9	-4	2
						NEGATIF	POSITIF	NEGATIF	POSITIF
+	LE PROTOCOLE UTILISE UNE TECHNIQUE D ECHANTILLONNAGE								
*									
+	IL EXISTE UN PROTOCOLE DEFINI ET UN STANDARD DE SAISIE								
-									
+	PRESENCE D'UNE FORME ECRITE DE LA METHODE A EMPLOYER								

Figure 2 : Notes et commentaires du protocole « Toto bois » pour la partie conception issu de la grille d'auto-évaluation des protocoles des parcs nationaux.

					remplie à :	100,00%			66,67%
VARIABILITE GEOGRAPHIQUE					NOTES :	GRILLE GENERALE		DETAIL	
						-6	5	-4	0
						-11	12	-7	0
						NEGATIF	POSITIF	NEGATIF	POSITIF
*									
*									
*									
*									
*									
-	ZONES EXCLUES : ATTENTION A L INTERPRETATION ET A LA GENERALISATION DES RESULTATS !								
*	LES SITES NE SONT PAS CHOISIS DE FACON ALEATOIRE								
					remarque :				
	 CRITERE DE CHOIX DES ZONES / SITES :								
	1 DIRE D'EXPERT								
1 :	DIRE D'EXPERT : ATTENTION ! ON IGNORE LES BIAIS POTENTIELS, AUCUN CRITERE N'EST DISPONIBLE POUR JUGER DE LA PERTINENCE DU PROTOCOLE								
*									
*									
*	CF.ONGLET RESULTATS DETAILLES								

Figure 3 : Notes et commentaires du protocole "Toto bois" pour la partie variabilité géographique issu de la grille d'auto-évaluation des protocoles des parcs nationaux

Cet outil est actuellement en cours de conversion au format « html », pour augmenter sa fonctionnalité (meilleure accessibilité et mise à jour). Des liens de la grille d'évaluation vers les tests de puissance cités en partie Bibliographie ont également été mis en place.

CONCLUSION

Ce stage à long terme m'aura permis de m'investir pleinement dans la collaboration avec les Parcs nationaux. L'outil conçu (Grille + son Manuel), devrait répondre aux attentes de la convention passée avec les Parcs Nationaux en termes d'aide à l'évaluation, d'orientation, et de dialogue entre les référents et leurs conseils scientifiques.

Bien sûr, les personnels des parcs ont particulièrement insisté sur ce point important, l'aspect scientifique n'est pas le seul à prendre en compte dans le choix de poursuivre ou non un protocole. Les aspects de maintien des compétences au sein du personnel, mais aussi politiques et surtout sociaux (maintien d'un contact avec les chasseurs lors des comptages de gibiers montagnards par exemple) sont également primordiaux. Les enjeux pour les parcs ne se situent pas toujours dans la robustesse des protocoles. Cependant, une évaluation de qualité des études en place permet au gestionnaire de synthétiser et de « mettre à plat » les problèmes rencontrés dans la collecte, le stockage et l'analyse des données. Cette estimation pourra aider à hiérarchiser les études en cours, et définir des priorités. Cette démarche d'évaluation devrait donc aussi faciliter la prise de décisions stratégiques au sein des parcs. La création d'une étude de terrain adaptée demande une attention particulière aux dynamiques locales, pour anticiper les biais et tendances sur les données obtenues, et donc une observation perpétuelle du terrain (Albert, 2010). Sur ce point, les équipes des Parcs nationaux, notamment grâce à la sensibilité naturaliste des thématiciens et des agents de terrain (une richesse à préserver et encourager !), ont toutes les cartes en main pour réaliser et créer des protocoles de qualité.

A titre personnel, ce stage m'a tout particulièrement éclairé sur l'importance de l'articulation entre la question que se pose le naturaliste, le scientifique, ou le gestionnaire sur le terrain, et sur la démarche progressive de construction d'une étude pour y répondre. Les compétences que je recherchais en termes de définition de protocoles de terrain sont donc pleinement acquises. Celles-ci sont d'une aide précieuse pour ma réflexion globale en tant que naturaliste formé sur le terrain. J'ai pu également m'enrichir particulièrement rapidement au contact des agents, des techniciens et référents thématiciens des différents Parcs Nationaux, et du réseau Parcs Nationaux de France, lors de nos réunions. La conception d'un outil est également une très bonne expérience, car elle exige de s'investir pleinement pour que l'outil soit suffisamment didactique et bien conçu pour être utilisé, il impose ainsi de revenir à la base des concepts et à bien les maîtriser pour qu'ils soient bien déclinés. Enfin cette situation au contact des gestionnaires et du domaine scientifique correspond tout à fait à ma conception d'un travail dans le domaine de l'environnement qui soit utile à la conservation de la biodiversité (Arlettaz, 2010).

“Conservation is primarily not about biology
but about people and the choices they make.” (Cowling, 2004)

BIBLIOGRAPHIE :

1. Albert et al., "Sampling in ecology and evolution - bridging the gap between theory and practice," *Ecography* 33 (Septembre 17, 2010): 1-10.
2. Arlettaz et al., "From Publications to Public Actions: When Conservation Biologists Bridge the Gap between Research and Implementation," *BioScience* 60, no. 10 (11, 2010): 835-842.
3. Baguley, "Understanding statistical power in the context of applied research," *Applied Ergonomics* 35, no. 2 (Mars 2004): 73-80.
4. Balmford & Richard M. Cowling, "Fusion or Failure? The Future of Conservation Biology," *Conservation Biology* 20, no. 3 (6, 2006): 692-695.
5. Besnard A. et al., "Suivi scientifiques d'espèces animales : aspects méthodologiques essentiels pour l'élaboration de protocoles de suivi » , DREAL PACA, pôle Natura 2000.
6. Braun, *Techniques for wildlife investigations and management* (Wildlife Society, TWS, 2005).
7. Cowling et al., "Nature conservation requires more than a passion for species," *Conservation Biology* 18, no. 6 (2004): 1674-1676.
8. Di Stefano, J: "How much power is enough? Against the development of an arbitrary convention for statistical power calculations," *Functional Ecology* 17, no. 5 (2003): 707-709.
9. Fore et W. H Clark, "Statistical power comparison of two sampling protocols for riverine snails," *Northwest Science* 79 (2005): 91-98.
10. Gerrodette, T: "A power analysis for detecting trends," *Ecology* 68, no. 5 (1987): 1364-1372.
11. Jailloux, A « Les suivis dans les parcs nationaux français, une contribution originale pour l'évaluation de la biodiversité ? » Mémoire de fin d'études (2010)
12. Johnson, "The insignificance of statistical significance testing," *The journal of wildlife management* (1999): 763-772.
13. Lindenmayer & Gene E. Likens, "Adaptive monitoring: a new paradigm for long-term research and monitoring," *Trends in Ecology & Evolution* 24, no. 9 (Septembre 2009): 482-486.
14. Mapstone, "Scalable decision rules for environmental impact studies: effect size, Type I, and Type II errors," *Ecological Applications* 5, no. 2 (1995): 401-410.
15. Peterman, "The Importance of Reporting Statistical Power: The Forest Decline and Acidic Deposition Example," *Ecology* 71, no. 5 (Octobre 1990): 2024-2027.
16. Pullin et T. M Knight, "Doing more good than harm-building an evidence-base for conservation and environmental management," *Biological Conservation* 142, no. 5 (2009): 931-934.
17. Reed et A. R Blaustein, "Biologically significant population declines and statistical power," *Conservation Biology* 11, no. 1 (1997): 281-282.
18. Seavy et M. H Reynolds, "Is statistical power to detect trends a good assessment of population monitoring?," *Biological conservation* 140, no. 1-2 (2007): 187-191.
19. Steidl, J. P Hayes, et E. Schaubert, "Statistical power analysis in wildlife research," *The Journal of Wildlife Management* 61, no. 2 (1997): 270-279.
20. Strayer, "Statistical Power of Presence-Absence Data to Detect Population Declines," *Conservation Biology* 13, no. 5 (10, 1999): 1034-1038.
21. Taylor et Tim Gerrodette, "The Uses of Statistical Power in Conservation Biology: The Vaquita and Northern Spotted Owl," *Conservation Biology* 7, no. 3 (9, 1993): 489-500.
22. Van Jaarsveld et al., "Biodiversity assessment and conservation strategies," *Science* 279, no. 5359 (1998): 2106.
23. Waite et L. G Campbell, "Controlling the false discovery rate and increasing statistical power in ecological studies," *Ecoscience* 13, no. 4 (2006): 439-442.
24. Yoccoz, James D. Nichols, et Thierry Boulinier, "Monitoring of biological diversity in space and time," *Trends in Ecology & Evolution* 16, no. 8 (Août 1, 2001): 446-453.
25. Zielinski et H. B Stauffer, "Monitoring Martes populations in California: survey design and power analysis," *Ecological Applications* (1996): 1254-1267.