



EVALUATION DES PROTOCOLES DE SUIVI DE LA REPRODUCTION DES POPULATIONS D'AIGLE ROYAL (AQUILA CHRYSAETOS CHRYSAETOS) DANS LES PARCS NATIONAUX FRANÇAIS

Par **M. Samuel Pereira Dias**, Master 1 Environnement et Gestion de la Biodiversité (2012-2013). pereiradias.s@gmail.com



A l'initiative de **Parc nationaux de France**, sous la responsabilité de **M. Adrien Jailloux**.



Château de la Valette
34090 Montpellier
Tél : 04 67 52 55 23

Et sous la direction scientifique de **M. Aurélien Besnard**, maître de conférences à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes



CEFE-CNRS
1919 route de Mende
34000 Montpellier

SOMMAIRE

I.	Le suivi de l’Aigle royal dans les parcs nationaux.....	6
I.	Les protocoles de suivis de l’Aigle royal dans les Parcs Nationaux.....	6
1.	Les grands comptages	6
2.	Protocole de mortalité et de veille sanitaire	6
3.	Les zones de sensibilité	6
4.	Le protocole de suivi de la reproduction de l’Aigle royal.....	7
II.	Hétérogénéités et perspectives	8
II.	Evaluation des protocoles de suivi	11
I.	Hypothèse.....	11
II.	Méthodes	11
1.	Bases de données.....	12
2.	Définition du statut de reproduction : méthodologie utilisée	13
3.	Calculs des taux de fécondité et comparaison de scénarios	13
4.	Matrices de Leslie et accroissement de la population	14
III.	Résultats	15
1.	Base de données et interprétations	15
2.	Fécondité et taux d’accroissements.....	29
3.	Modélisation démographique des différents scénarios d’interprétation des données	30
IV.	Discussion	31
III.	Propositions et recommandations	32
I.	Une stratégie différente par niveau	32
1.	Niveau 1 : Inventaires des aires, porter à connaissance et Zones de Sensibilités Majeures.....	33
2.	Niveau 2 : Suivi de la reproduction par plan d’échantillonnage tournant.....	34
3.	Niveau 3 : Connaissance fine des mécanismes de dynamiques de population en jeux sur les territoires des parcs comme outil au service de la gestion.....	37
II.	Valorisation des données et outils d’appui au diagnostic	38
1.	Pôle d’attractivité de reproductions : la méthode des Kernels	38
2.	Modélisation des niches écologiques	39
3.	Délimitation des territoires et dynamique spatio-temporelle des territoires	41
4.	Déterminants de la fécondité et dynamique de la population	42
V.	Bibliographies.....	43

Introduction

La révolution agricole du Néolithique a transformé la condition humaine de chasseurs-cueilleurs nomades en celle de paysans sédentaires (Bellwood, 2005). La domestication et les surplus agricoles ont alors permis le développement des sociétés urbaines et l'expansion démographique qui a modifié de manière fondamentale l'environnement naturel. Aujourd'hui rares sont les lieux sur Terre où l'Homme n'a laissé de trace de son passage. Alors même que le concept de développement durable n'existait, l'essayiste Américain Hamilton Wright Mabie (1846-1916), écrivit à la fin du XIX^{ème} siècle: « On ne peut comprendre l'Homme en-dehors de la nature, et la nature est incompréhensible sans l'Homme ». Que ce soit pour garantir un approvisionnement constant des ressources naturelles dont nous dépendons, ou simplement dans une logique d'intégrité de toutes vies sur Terre, l'Homme prend aujourd'hui la mesure de son impact sur les milieux naturels. D'historiques initiatives ont rythmé cette prise de conscience, dont la dernière en date révélant au monde entier cet état d'urgence, reste la convention de la diversité biologique de 1992 à Rio. L'article 8 de cette convention stipule que chaque état signataire « établit un système de zones protégées ou de zones où des mesures spéciales doivent être prises pour conserver la diversité biologique ». En toutes logiques, les parcs nationaux du monde entier, contribuent à ce réseau global destinés à appuyer ces engagements.

Les Etats-Unis en 1864 sont les premiers à entreprendre la protection de vastes espaces naturels sous cet emblématique statut de « Parc national ». Ce n'est qu'un siècle plus tard, que le premier voit le jour en France sur le massif de la Vanoise (1963). La principale motivation de ce classement réside dans l'importance de conserver ces milieux d'altitudes, face aux développements des sports d'hivers. La gestion de ces territoires doit assurer les conditions favorables au développement des populations animales et végétales qui l'occupent (Loi n°2006-436). Cependant la mise en œuvre d'actions de gestion pertinentes implique de bien connaître les dynamiques des populations à gérer ainsi que les pressions qu'elles subissent au sein de ces territoires. L'appréciation de ces dynamiques passe par le suivi à long terme des effectifs ou des paramètres démographiques des espèces ciblées. Les premières initiatives de ce parc s'orientent alors vers la mise en place d'inventaire d'évaluation de la biodiversité mais également vers la protection d'espèces emblématiques telle que le Bouquetin (Capra Ibex) et l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos*). De nombreux protocoles de suivis scientifiques ont donc été développés et menés au sein des Parcs Nationaux sur des

espèces présentant un statut de conservation défavorable ou une sensibilité écologique marquée.

En 2010, un rapport révèle que la conception de ces suivis s'est cependant souvent déroulée dans un contexte de manque de connaissances sur les espèces et une expérience méthodologique en interne aux parcs limitée (Jailloux, 2010). Ce travail a conduit à une volonté affichée de mettre à plat certains protocoles mais aussi à mettre en cohérence les protocoles entre les différents parcs lorsqu'ils visent à traiter la même question. Dans ce contexte, l'Aigle royal a rapidement été identifié comme un des protocoles pouvant faire l'objet d'un tel travail de mise en cohérence inter-parc. Ceci résulte du fait que 5 parcs sont actuellement engagés sur un suivi de la reproduction de cette espèce sur leur territoire avec des méthodes sensiblement similaires. Par ailleurs les protocoles menés sont coûteux en termes de moyens humains et les directions des parcs souhaitent réduire les moyens alloués à cette espèce. Bien que classé comme « vulnérable » sur la liste rouge nationale de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), et à l'Annexe I de la Directive Oiseaux, l'Aigle royal présente aujourd'hui, et sur l'ensemble du continent européen, les plus fortes densités de populations sur la période récente (Pedrini & Sergio, 2001b). Thiollay J-M. et Bretagnolle. V. (2004) décrivent d'ailleurs une augmentation de 207% depuis les années 1976. L'évolution du nombre de couple observé depuis les années 1980 dans les Parcs nationaux confirme ces tendances observées sur l'ensemble de la France (cf. Figure 1). Les enjeux de conservations ne sont donc plus les mêmes qu'ils étaient dans les années 1960 lors des premiers suivis lancés sur l'Aigle royal. En période de crise économique, les directions des parcs nationaux désirent en effet réduire les moyens alloués à une espèce qui a largement augmentée et qui semble toujours présenter une dynamique très positive de ses effectifs.

Cette étude focalise sur les cinq parcs nationaux hébergeant une population d'Aigle royal, à savoir les Ecrins (PNE), la Vanoise (PNV), le Mercantour (PNM), les Cévennes (PNC) et les Pyrénées (PNP). Le terme généralement consacré dans ces parcs pour nommer le protocole utilisé est celui de : **suivi de la reproduction**. Il vise à étudier les événements de reproduction grâce à divers indices (succès de reproduction, fécondité, productivité, taux d'envol ...) et permet en théorie d'évaluer le statut de la population nicheuse, ainsi que les facteurs qui l'influencent (Steenhof, 1987). Néanmoins la conception et la mise en place quotidienne de ce protocole diffèrent très significativement entre les parcs comme nous le détaillerons plus loin dans ce rapport. Les parcs nationaux français sont en effet des établissements publics indépendants, et aucune mutualisation des protocoles de suivis

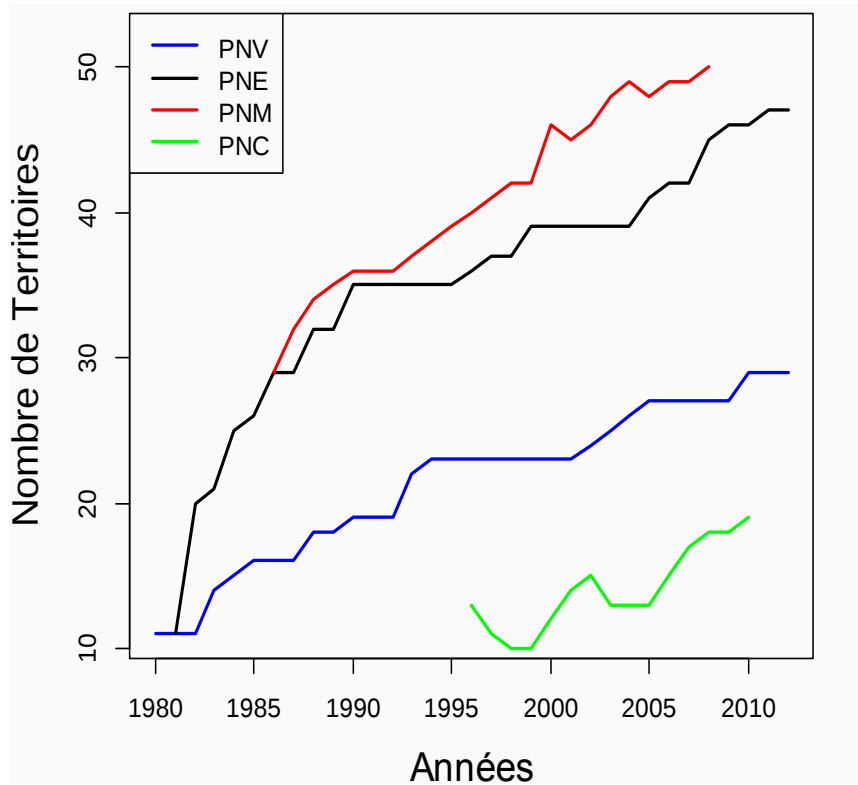


Figure 1 : Evolution du nombre de territoires d'Aigles royaux dans quatre parcs nationaux depuis 1980.

scientifiques n'avait été réellement engagée jusqu'à récemment. Cependant, en 2006, une loi relative à la réforme des parcs nationaux français, a créé « Parc nationaux de France » (PNF dans la suite de ce document), organisme qui a pour objectif de créer de la cohésion sur toutes les thématiques et missions couvertes par les différents Parcs Nationaux. La montée en puissance de cette structure

a notamment fait émerger la nécessité d'une mutualisation des protocoles de suivi des espèces.

L'objectif de ce travail était d'apporter un soutien méthodologique pour favoriser une mutualisation des suivis de l'Aigle royal entre les différents parcs nationaux français. Pour ce faire, nous avons travaillé à (i) définir les besoins passés et surtout actuels des parcs en termes de connaissance pour la gestion de l'espèce (ii) analyser les protocoles, les bases de données ainsi que les données collectées pour évaluer la pertinence des protocoles menés jusqu'à présent, l'utilité de leur maintien en l'état ou l'importance de les modifier (iii) proposer de nouveaux protocoles, des améliorations aux protocoles actuels ainsi que fournir des pistes méthodologiques pour mieux répondre aux besoins des parcs et cela en regard d'une baisse voulue des moyens alloués à l'espèce dans la plupart des parcs. Le travail s'est déroulé en trois périodes successives : un entretien avec le chef du service scientifique de chacun des cinq parcs concernés, la compilation des bases de données et la synthèse des données existantes suivies de leur examen critique, et enfin du développement d'outils méthodologiques pour mieux orienter la gestion de l'aigle au sein des parcs et les prospections.

Focus sur l'Aigle royal

L'Aigle royal compte 6 sous-espèces dont le représentant européen présent dans les parcs nationaux français, *Aquila chrysaetos chrysaetos*, est le plus grand (envergure généralement comprise entre 200 et 220 cm). *Aquila chrysaetos chrysaetos* se



Source : Christian Couloumy, PNE

répartit dans sa limite sud des îles méditerranéennes jusqu'en Scandinavie au Nord, et de la rivière Lénisseï en Russie à l'Est jusqu'au massif central à l'Ouest. La population pyrénéenne est issue d'une sous espèce rattachée à la péninsule ibérique.

Le plumage est généralement caractéristique de la classe d'âge. Le sexe se distingue facilement par l'observation d'une taille supérieure chez la femelle (Watson, 1997 ; Steenhof, 1987 ; Ricau, 2009). Presque exclusivement charognard en hiver de par la rareté de ses proies, il devient un redoutable prédateur au printemps, se nourrissant de marmottes, de divers autres rongeurs, de lagomorphes, d'oiseaux ou encore de jeunes ongulés (sangliers, cervidés...). C'est un chasseur actif qui pique sur ses proies en plein air pour les capturer (Watson, 1997 ; Steenhof, 1987 ; Ricau, 2009 ; Takeuchi et al, 2006).

L'Aigle royal est monogame et territorial. Lorsque l'un des individus du couple vient à mourir, il est rapidement remplacé. Les surfaces de domaines vitaux sont très variables, de 50 km² à plus de 1000 km² (Watson, 1997 ; Steenhof, 1987 ; Pedrini & Sergio, 2001a ; Haworth P.F. et al, 2006). Ce dernier paramètre est dépendant de la densité de population pouvant être lui-même dépendant de la qualité de l'habitat (disponibilité alimentaire, conditions météorologiques, dérangements humains,...) (Fasce et al. 2011 ; Kruger, 2011 ; Watson, 1997 ; Rodenhouse, 1997 ; Steenhoof, 1997 ; Kaisanlahti-Jokimäki, 2008). Le domaine représenté par le territoire est souvent superposable avec le domaine vital (Watson, 1997 ; Ricau, 2009). Chaque couple exclut agressivement leurs congénères ainsi que les autres

grands rapaces (*Gypaetus barbatus*, *Gyps fulvus*,...) de leurs territoires. Le site de nidification communément appelé «aire» est situé en falaise et plus occasionnellement sur des vieux et larges conifères (Fasce *et al.* 2011 ; Watson, 1992, Kochert & Steenhof, 2012). Un couple dispose de plusieurs aires de nidification et en sélectionne une chaque année selon des critères et mécanismes encore inconnus. On observe par exemple souvent un comportement de recharge d'une aire qui ne sera finalement pas celles que le couple occupera. Un couple pond de 1 à 3 œufs maximum et n'élève généralement qu'un seul jeune jusqu'à l'envol, plus rarement deux. L'immaturation est ensuite chassée du territoire dès l'automne. Il devra faire face aux multiples difficultés notamment celles liées à la dispersion (agressivité des autres couples, inexpérience de la chasse,...[Mc Intyre *et al.* 2006b]).

Les taux de survie, c'est-à-dire la probabilité pour les individus de survivre d'une année à une autre, sont des paramètres démographiques très difficiles à obtenir chez l'Aigle royal car ils nécessitent un suivi individuel et donc la pose de marques. Toutefois la connaissance de ces survies au sein d'un programme de conservation est fondamentale notamment chez une espèce à longue durée de vie car il s'agit du paramètre qui a le plus fort impact sur la dynamique de la population. Si dans les parcs nous ne disposons pas de données sur ces paramètres, la littérature stipule, selon les auteurs et les régions, que la maturité sexuelle intervient vers la 4^{ème} ou 5^{ème} année et la survie juvénile estimée à 20% sur les quatre premières années, alors qu'elle est de 94, 95 ou 96 % à l'âge adulte (Jenouvrier, 2001 ; Whitfield, 2004 ; Mc Intyre *et al.* 2006b ; Watson, 1997).

Après deux siècles d'intense persécution (Whitfield *et al.*, 2004), cette espèce subit encore aujourd'hui le braconnage, l'intoxication, la destruction de ses habitats ainsi que des collisions avec les réseaux de distribution d'électricité (Whitfield *et al.*, 2001, Pedrini & Sergio, 2001b). Les dérangements lors de la période de reproduction induisent aussi des échecs de reproduction répétés (Ricaud, 2009 ; Watson, 1997).

C'est dans ce contexte écologique, biologique et historique que les parcs nationaux français ont entrepris d'estimer la fécondité de leurs populations respectives depuis presque 40 ans par la mise en place d'un suivi de reproduction.

I. Le suivi de l'Aigle royal dans les parcs nationaux

I. Les protocoles de suivis de l'Aigle royal dans les Parcs Nationaux

1. Les grands comptages

Conçu et uniquement utilisé par le Parc national des Ecrins, ce protocole vise à estimer les effectifs de la population, en distinguant deux classes d'âges : les jeunes immatures, reconnaissables à leurs queues blanches, et les adultes. Il s'effectue tous les 5 ans sur une durée de 7 jours consécutifs (lorsque les conditions météorologiques le permettent) correspondant aux 7 secteurs de ce parc. La totalité des agents est mobilisée pour assurer ce suivi. Chacun d'eux occupe un poste d'observation, à l'aide de deux bénévoles. Tous les observateurs sont en contact radio, et peuvent ainsi déterminer si deux équipes suivent le même individu. Pour chaque observation, on note le lieu de départ et l'heure exacte de début jusqu'au lieu et heure exacte de perte de l'observation. La morphologie et le comportement des individus sont décrits le plus précisément possible. Le créneau horaire d'observations, croisé avec les informations de descriptions morphologiques, permettent d'individualiser et ainsi d'obtenir une estimation des effectifs minimaux et de la structure de la population.

Le principal avantage de ce protocole réside dans l'appréciation du « pool » de jeunes immatures au sein de la population ainsi qu'une estimation du nombre d'adultes non reproducteurs en fonction du nombre de couples reproducteurs connus. La disponibilité en individus de cette classe d'âge permet la recolonisation rapide d'un territoire devenu vacant.

2. Protocole de mortalité et de veille sanitaire

Il s'agit de contacts strictement aléatoires d'individus retrouvés morts ou blessés. Chaque observation d'aigle retrouvé mort est rigoureusement renseignée : lieu et heure du contact, autres remarques (vu en vie avant le décès...) etc. Le cadavre est ensuite autopsié pour déterminer les causes de la mort. Des analyses de concentration de métaux lourds et d'éléments chimiques sont systématiquement effectuées.

3. Les zones de sensibilité

Les parcs nationaux ont la délicate charge d'offrir des conditions favorables au développement de leurs populations d'aigles sur des territoires de plus en plus fréquentés par l'homme. Conscients de la sensibilité particulière de ces oiseaux aux dérangements lors de la période de reproduction, certains parcs ont de fait mis en place des outils de protection appelés « Zone de Sensibilité Majeure ». Une « zone de sensibilité majeure » (ZSM par la

suite) permet la mise en protection d'une surface autour d'une aire de nidification, restant active jusqu'à l'envol de la nichée (cf. Dossier de consultation. 2013 : Mise en place d'une application web pour le suivi de la reproduction des rapaces et la gestion des zones de sensibilités PNP). On distingue la ZSM cœur (périmètres de 500 à 800 mètres autour de la nidification) et la ZSM tampon (périmètre de 1000 mètres). La première cherche à éviter toute activité humaine, et la deuxième autorise les activités peu bruyantes (escalade, randonnées, parapente,...). Les aires occupées (couple installé, pontes,...) sont recherchées à chaque début de saisons. Annuellement et selon l'avancement de la saison de reproduction, des cartes de sensibilité sont alors communiquées à tous les acteurs et utilisateurs de l'espace.

Le PNC possède ainsi déjà un outil de ce type ; sans encore parler de ZSM, le PNM cherche à répondre au mieux aux exigences de sa charte de limitation des dérangements et de garanties de conditions favorables à la reproduction ; les autres Parcs (Vanoise et Ecrins) estiment suffisante la protection naturelle de leurs territoires par le relief (éventuellement sur les aires à enjeux) et ne définissent donc pas de ZSM ; le PNP a conçu une application similaire à celles du PNC, transposable à l'ensemble des parcs nationaux et reste dans l'attente de son développement logiciel.

En réalité, il est complexe de définir à partir de quelle distance à l'aire les activités humaines ne sont plus défavorables. Les caractéristiques environnementales (topographies et milieux en particulier) ainsi que la nature de la perturbation influencent fortement la sensibilité aux dérangements. Ce dispositif manque donc de connaissances de bases et la littérature scientifique n'offre à ce jour aucune information sur la surface au sein de laquelle cette espèce répond à une perturbation.

4. Le protocole de suivi de la reproduction de l'Aigle royal

Ce protocole prévoit la localisation des aires de reproduction sélectionnées annuellement par les couples nicheurs (Steenhof K. & Newton I., 1987). Tous les territoires (IMPORTANT : Cette étude confond la notion de territoire et la notion de couple du fait qu'il n'y a pas d'information individuelle dans les parcs nationaux qui, de fait, résonnent en termes de territoires, territoires accueillant plusieurs aires occupées successivement au cours des années) doivent bénéficier d'une pression d'observation suffisante pour constater la présence d'une reproduction ou non. Par la suite, chaque couple nicheur est contrôlé à divers stades d'avancement de la reproduction jusqu'à son issue finale. Une tentative de reproduction peut se solder par un échec ou un succès (au moins un jeune à l'envol). Cette information est la

plus importante puisqu'elle permet d'estimer et de quantifier la fécondité, un paramètre démographique important. Il existe trois principaux indicateurs de la reproduction communément utilisés dans les suivis de l'avifaune :

« La productivité » nombre de jeunes à l'envol sur le nombre de couples ayant tenté une reproduction ; « le succès de reproduction » : nombre de couples ayant abouti à un succès de reproduction sur le nombre de couples ayant tenté de se reproduire ; « la fécondité » : nombre de jeunes à l'envol sur le nombre total de couples présents. C'est ce dernier que nous considéreront dans la suite de cette étude.

Ces indices permettent dans le cadre de bilans de reproduction d'apprécier les résultats des dynamiques de population annuelles et des évolutions à long terme. Ils servent également de support de communication vers le grand public, la communauté scientifique mais également les délégations territoriales de l'Etat (DREAL, DDT).

Pour les suivis de la reproduction, sur les 5 parcs nationaux français, 4 d'entre eux utilisent un protocole dit « exhaustif », et seul le Parc national du Mercantour, emploie un protocole dit « échantillonné ». Le premier va chercher à suivre l'intégralité de la population nicheuse au sein du périmètre du parc. Avec environ 47 couples au sein du PNM, le protocole « échantillonné » prévoit au contraire le suivi d'une quinzaine d'entre eux chaque année avec un système de rotation des couples suivis selon les années permettant ainsi le suivi de l'intégralité de la population au bout de 3 années et ceci depuis 2001. Auparavant le PNM utilisait lui aussi un protocole exhaustif.

II. Hétérogénéités et perspectives

Cette partie renseigne sur les différences notables entre les suivis menés dans les PN sur l'Aigle royal. Elle souligne implicitement les difficultés rencontrées (suivi exhaustif non atteints, budget temps dépassé, saisies des données non encadrées, ...). Celles-ci s'avèreront être la source de certaines erreurs ou approximations que nous avons identifiées dans cette étude et sur lesquelles nous reviendrons plus loin dans ce rapport.

Un premier entretien téléphonique avec chacun des services scientifiques des Parcs a eu pour but d'identifier tout d'abord les motivations d'application d'un suivi sur cette espèce ; de préciser les méthodes employées ainsi que les moyens alloués ; d'évaluer les perspectives à long terme autour des suivis sur cette espèce et de prendre connaissance des attentes vis-à-vis de cette étude en inter-parcs. Nous ainsi pu avoir l'occasion de visiter trois parcs nationaux

(PNP, PNM, PNE). Des entretiens avec le personnel de terrain, nous a permis de réaliser les difficultés inhérentes aux suivis de cette espèce sur le terrain ainsi que d'appréhender la spécificité de leur fonctionnement (PNM/Echantillonnage ; PNE/Grands Comptages). Cette démarche était indispensable pour la réalisation d'un diagnostic exhaustif qui prend en compte les réalités spécifiques et communes des agents de terrains, et des services scientifiques.

Malgré une certaine unicité dans les méthodes utilisées (en termes de protocoles), une importante hétérogénéité existe sur les moyens disponibles (journées-agents accordées, données cartographiques,...), sur les perspectives (investissements actuels et à venir,...), et sur la gestion des données de fécondité collectées (Cf.Résultats).

Le tableau 1 ci-dessous met en exergue les différences et les points communs entre les 5 Parcs Nationaux selon une liste de critères prédéfinis regroupés sous 5 grandes thématiques. Il est possible d'apprécier l'état actuel du suivi de chacun des parcs, les moyens à dispositions ainsi que les perspectives envisagées.

Pour les différents parcs qui nous ont fourni une information, même approximative, des moyens alloués tous les ans, le chiffre de 150/200 journées-agents par an est avancé. Il est relativement similaire entre les différents parcs. Il est systématiquement perçu comme (trop) élevé, puisqu'il s'agit quasiment d'un ETP, en particulier pour une espèce dont le statut semble plutôt favorable aujourd'hui. Annuellement les budgets sont définis par les directions en concertation avec les services scientifiques. Cependant les conditions difficiles de terrains, la charge importante de travail des agents, la difficulté à détecter la reproduction de cette espèce induit probablement des écarts importants de pression de suivi exercée entre les parcs et au sein d'un même parc selon les années. De telles variations peuvent avoir des conséquences lors de la comparaison des résultats entre les différentes années, notamment si ces efforts ne sont pas renseignés (ce qui est le cas pour la plupart des parcs).

Certains parcs fonctionnent en réseau avec d'autres structures pour assurer le suivi de cette espèce. Ceci offre l'avantage de pouvoir répartir l'effort. Néanmoins l'efficacité de ce fonctionnement dépend fortement de la structuration et de l'organisation du réseau par la mise en commun des méthodes, des moyens et des résultats. Le PNC travail par exemple en partenariat avec le Groupe Rapaces Sud Massif Central depuis longtemps. Le PNP, le Groupe Ornithologique des Pays de l'Adour (GOPA), SAIK et Nature Midi Pyrénées (NMP) sont

féderés au sein du « Réseau Aigle Pyrénées ». Les autres parcs travaillent seuls sur l'espèce au sein de leur territoire.

Il existe aussi une grande hétérogénéité entre les parcs quant au cheminement de l'information entre les visites de terrain et la base de données au siège du parc. Le PNE possède par exemple une application logicielle de saisie « Aigle » en ligne basée sur un système de SIG sur laquelle les agents doivent saisir les informations lors de chaque visite sur le terrain. D'autres parcs utilisent une fiche envoyée annuellement par les secteurs au siège des Parcs faisant une synthèse de l'état de la reproduction de l'aigle sur leur territoire sans données brutes. On constate ainsi que la remontée des données traverse parfois de nombreuses étapes au risque d'une certaine dégradation de l'information. Quel que soit le fonctionnement interne de chacun des parcs, les données qui remontent au service scientifique sont aujourd'hui saisies au sein de tableurs ou de bases de données.

Cependant ces bases de données possèdent des structures et des logiques très différentes entre les parcs. Le PNE et le PNM ont, par exemple, défini un certain nombre de modalités possibles que l'on retrouve au sein d'un seul champ ; alors que le PNC et le PNV ont au sein de leur base de nombreux champs qui sont renseignés en binaire du type 1 ou 0 (vrai/faux ; présent/absent...).

Tableau 1 : Synthèse des pratiques des 5 parcs nationaux français concernant le suivi de l'aigle royal sur leur territoire.

		PNM	PNV	PNC	PNP	PNE
Protocoles	Suivi de reproduction (SR) exhaustif	N	O	O	O	O
	Suivi de reproduction échantillonné	O	N	N	N	N
	Suivi en partenariat	N	N	O	O	N
	Grand comptage (GC)	N	N	N	N	O
	Temps moyen investi (Journée-H/années)	200	200	/	/	SR:167 ; GC:46
	Sanitaire/mortalité	N	N	N	O	O
Base de données	Existence d'une réelle base de donnée	N	O	O	N	O
	1ère donnée	1986	1965	1996	1969	1981
	Mesure de l'effort	N	N	/	N	O
	Echelle?(Territoire/aire)	Territoire/Aire	Territoire/Aire	Territoire	Territoire/Aire	Territoire/Aire
Cartographie	Habitats	O	N	/	O	O
	Territoires	O	N	N	N	O
	Aires	O	O	N	O	O
	Anthropisations	N	N	/	N	/
	Etat général	Bon	Bon	/	Mauvais	Bon
Evaluation	Méthodologique	O	N	N	N	O
	Données (analyses)	N	N	N	N	O
Volonté future	Moyen à investir	↘	↘	↘	↘	→
	Occupation annuelle des aires	N	A.Enjeux	Totalité	A.Enjeux	Totalité
	Reproduction	Echantillonnée	Echantillonnée	Echantillonnée	Echantillonnée	Totalité/Echan
	Zones de sensibilité	A.Enjeux	A.Enjeux	Totalité	Totalité	Aucun
	Dérangements constatés	A.Enjeux	Aucun	Echantillonnée	N	Echantillonnée

Autres exemple, quatre parcs ont fait le choix de saisir les informations à l'échelle de l'aire (PNM, PNE, PNV, PNP) et un parc à l'échelle du « site » (destiné à définir les ZSM). Ces deux types de résolution de données s'interprète alors différemment et sont le reflet de deux visions différentes des objectifs du suivi de reproduction. Les premiers s'attachent à la recherche d'une estimation de la fécondité alors que le second se veut un outil opérationnel en termes de gestion.

II. Evaluation des protocoles de suivi

I. Hypothèse

Brièvement abordé dans le paragraphe précédent, nous rencontrons au sein de la plupart des bases de données une nomenclature de type binaire (1 ; 0), ou bien une typologie de champs renseignant sur l'issue de chaque reproduction. La plupart des bases des parcs ne distinguent que les statuts de reproducteur ou non et ne font pas mention de l'incertitude quant au statut reproducteur d'un couple. Compte tenu des difficultés importantes de détection de la reproduction sur cette espèce, notamment dans les zones de montagne que sont les Parcs Nationaux, nous nous attendions à avoir un certain nombre de mentions d'incertitude dans les données quant au statut reproducteur. De ce fait, nous suspectons qu'une partie des « 0 » contenu dans les bases de données (signifiant qu'il n'y a pas eu tentative de reproduction sur un territoire donnée) ne sont pas tous de vrais « 0 ». Il est probable que l'incertitude sur le statut de reproduction sur un couple donnée une année donnée (un couple qui n'a pas été suivi ou sur lequel l'effort n'a pas été suffisant pour détecter la reproduction) inhérentes à ce type de suivi, aient été noté comme des « 0 » dans plusieurs bases de données. Si cette hypothèse s'avère vrai (et elle a été en partie confirmée par les discussions avec des agents ou avec les services scientifiques), cette confusion entraîne nécessairement une estimation biaisée (négativement) de la fécondité.

Une partie du travail de cette étude a donc consisté à tester cette hypothèse d'une confusion entre absence de données et absence de reproduction à travers un travail de modélisation assez prospectif.

II. Méthodes

Une première série d'analyse fine du contenu de chaque base de données, nous a permis de vérifier la cohérence des informations saisies. Les données du PNV ont pu

bénéficier d'une analyse plus poussée car elles nous ont été envoyées dès le début de l'étude. Par la suite, nous avons calculé les taux de fécondité moyens obtenus selon deux interprétations possible des « 0 » contenu dans les bases de données. Pour conclure, nous avons intégré les fécondités ainsi obtenus dans des matrices de Leslie afin d'obtenir des taux d'accroissement de la population que nous comparerons entre eux.

1. Bases de données

Cette analyse consiste à créer des chronoséquences avec les années en lignes et les territoires en colonnes en pointant les statuts de « tentative de reproduction » selon la méthodologie décrite ci-dessous. Ceci nous permet d'obtenir une représentation visuelle de la quantité et de la qualité de l'information contenue dans la BDD. Pour réaliser ces tableaux, nous avons utilisé l'outil de tableau croisé dynamique de Microsoft Office Excel 2007.

<i>Mercantour (PNM)</i>	<i>Vanoise (PNV)</i>	<i>Ecrins (PNE)</i>	<i>Cevennes (PNC)</i>	<i>PNP</i>
Codeaire	id_aire	Territoires	nom_couple	NA
Codecouple	id_territoire	Années	annee	
Annee	annee	Absence jeunes envol	nb_oeufspodus	
Suivi	diagnostic	Certitude juvénile à l'envol	nb_poussins	
Reproduction	Echec de la reproduction	Certitude juvéniles à l'envol	nb_jeunes	
1 juv envol	Reproduction réussie	Ponte et échec	nb_envol	
1 juv envol hypothese	Aire inutilisée	Echec avant éclosion	site_occupé_IssuesIncertains	
1 juv produit, mort avant envol	reproduction avérée	Reproduction amorcée pas de ponte	inoccupé ou échec	
1 ou 2 juv envol hypothese	Aire chargée	Absence probable de jeunes à l'envol	site_occupé	
2 juv envol	chargement	1 ou 2 jeunes à l'envol		
2 juv envol hypothese	accouplement	Couple non suivi		
Absence probable de juv envol	couvaison	Couple non connu		
Certitude 1 juv mais pas sur aire connue	nb_oeufs			
Certitude 2 juv mais pas sur aire connue	nb_poussins			
Echec après eclosion 1 juv	nb_envol			
Echec après eclosion 2 juv	abandon			
Fort derangement et echec				
Pas de repro aires connues				
Ponte et echec				
Repro amorcee pas de ponte				
Repro obs mais pas suivie jusqu'au bout				
Vide				

Légendes:

Données indisponible (NA)

Champs contenant les attributs

Défini le statut de reproduction (0/1)

Type de protocoles (Exhaustif ou échantillonné)

Attributs offrant le détail sur l'issue de reproduction

Situe la reproduction dans l'espace (territoires) et dans le temps (années)

Figure 2 : Hétérogénéité des bases de données de suivi de reproduction de l'Aigle royal des 5 parcs nationaux montagne.

2. Définition du statut de reproduction : méthodologie utilisée

De par l'hétérogénéité de nomenclature utilisée dans chacun des PN, il nous a été nécessaire d'interpréter ces différentes nomenclatures et de les homogénéiser pour notre analyse sans modifier l'information originelle. Lorsqu'apparaît la mention d'une ponte dans la base, que ce soit à travers un jeune à l'envol, un poussin, ou un œuf, (Cf. Figure 2) nous considérons ce couple comme reproducteur (c'est à dire un « 1 » dans un champs « tentative de reproduction ») l'année donnée, et quel que soit l'issue de reproduction (succès/échec). Le champs « tentative de reproduction » est rempli par un « 0 » lorsque la non-reproduction d'un couple est notée. En l'absence d'information sur le statut de reproduction d'un couple, le champs « tentative de reproduction » est rempli avec la « ? » qui correspondent donc aux cas de reproductions manquées sur lesquels on ne peut se prononcer.

3. Calculs des taux de fécondité et comparaison de scénarios

Le taux de fécondité (**f**) s'obtient par le nombre de jeunes à l'envol divisé par la totalité des couples présents dans une population (Steenhof K. & Newton I. 1987). L'ensemble des estimations des paramètres de fécondité est effectué sur différentes périodes selon les parcs étudiés :

Parc national de la Vanoise : de 1980 à 2012

Parc national du Mercantour : périodes 1986-2000 (protocole exhaustif), puis 2001-2012 (protocole échantillonné)

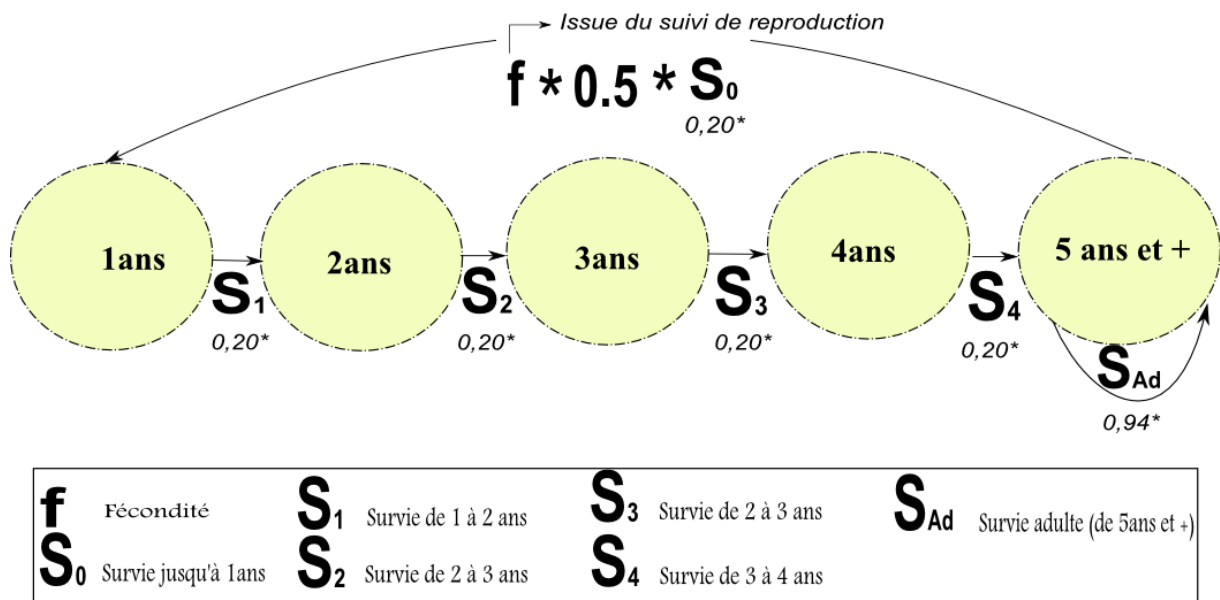
Parc national des Ecrins : de 1981 à 2012

Parc national des Cévennes : de 1996 à 2012

L'examen des chronoséquences mettant en lumière une très grande proportion de « non-reproduction », très hétérogène entre territoires et années, mais aussi l'absence quasi-systématique de mention d'incertitude sur ces statuts reproducteur, suggère qu'il y a un certain nombre de cas pour lesquels les données de reproduction n'étaient pas disponibles mais ont été considérées comme des non-reproductions « 0 » (cas du PNV, du PNC et du PNM). Cependant ne disposant pas des données brutes sur les visites réalisées sur chaque territoire chaque année, il nous est impossible de déterminer la fréquence de ces confusions possibles dans la base, et encore bien moins, évidemment, quelles données étaient concernées précisément. Pour examiner l'impact de la potentielle confusion et aussi déterminer si les « 0 » des bases étaient en proportion plutôt des « non-reproduction » ou des « statut reproducteur inconnu » nous avons réalisé les estimations de fécondité selon deux scénarios : **le scénario de base** (*ScenarBase*), considérant les « 0 » des bases de données comme de vrai absences de

reproduction (il s'agit de la méthode utilisée par les services scientifiques des parcs pour estimer la fécondité annuelle et cela correspond à l'interprétation logique des données issues de la base) et **le scénario alternatif** (*ScenarAlter*) qui, quant à lui, considérait les « 0 » comme des « statut reproducteur incertain » lorsqu'aucune précision ne permettait d'argumenter pour le fait qu'il s'agissait d'une « non-reproduction » certaine. Dans ce second scénario, tous les territoires dont le statut de reproduction est incertain sont de fait exclus de l'estimation de la fécondité. A noter que ce second scénario **est tout aussi extrémiste que le scénario de base qui les considère lui, tous comme des non reproduction**. Avec ces deux scénarii nous avons donc les deux estimations extrêmes de la fécondité sur chaque parc.

4. Matrices de Leslie et accroissement de la population



*Selon Whitfield et al 2004

Figure 3 : Cycle de vie de l'Aigle royal et paramètres démographique*

Les matrices de Leslie se basent sur des paramètres démographiques tels que la fécondité, la survie juvénile et adulte, pour modéliser la dynamique d'une population (Charles-Bajard, 2004). Leur construction nécessite de bien connaître le cycle de vie de l'espèce étudiée et de disposer d'estimations des probabilités de survie en fonction de l'âge et des fécondités (Cf. Figure 3).

Chez l'Aigle royal, le stade immature, équivalent à un statut de non reproducteur, s'étend jusqu'à l'âge de cinq ans (Whitfield, 2004). Le cycle de vie de cette espèce est donc décrit par cinq classes d'âges dont la cinquième est la seule considérée comme reproductrice. Pour la construction des matrices Pour les taux de survie annuels en fonction de l'âge nous

nous sommes référés à la bibliographie notamment celles de Whitfield 2004. C'est-à-dire environ 0.80 de taux de survie entre chaque classe d'âges de 0 à 4 ans, passant à 0.94 à 5 ans et plus. Pour chacun des parcs, nous avons construit les matrices avec les valeurs de fécondité obtenues par les deux scénarios décrits précédemment pour obtenir un taux de multiplication de la population (classiquement noté λ) et ainsi prédire les effectifs à $t+1$ sachant les effectifs à t . Nous avons alors confronté l'ajustement des courbes d'accroissement des effectifs modélisées avec celle du *nombre de territoires connus* par année, que nous considérons comme l'un des paramètres les plus proches de la réalité, servant alors de valeur de référence. Le « taux de croissance observé » à partir du *nombre de territoires connus* est obtenu en faisant la moyenne de tous les $[\ln(N_{t+1}) - \ln(N_t)]$ avec N_t le nombre de territoires au temps t . Ces analyses ont été effectuées avec le logiciel R 3.0.0 (R Core team, 2013) et le package « popbio » (Stubben et al., 2007).

III. Résultats

1. Base de données et interprétations

L'analyse des bases de données à travers l'observation de l'information brute et les chronoséquences suggère une importante hétérogénéité sur les champs, les attributs utilisés et les logiques employées entre les différents parcs. Toutefois une équivalence commune à tous (avec tout de même une particularité pour PNC décrite plus bas), concerne les champs faisant référence aux couples, à l'aire sélectionnée et à l'année de reproduction.

Tableau 2 : Nombre de données et statuts de reproduction de la population d'Aigle royal du Parc national de la Vanoise

Typologie utilisé	N	Tentatives	
		0	1
<i>Echec de la reproduction</i>	84	13	71
<i>reproduction avérée</i>	27	6	21
Aire inutilisée	2070	2070	0
Reproduction réussie	271	0	271
Aire chargée	153	153	0
	Sous totaux	2242	364
	TOTAL	2606	

a) *Le Parc national de la Vanoise*



Logique de saisie par « Aire de reproduction »

L'entrée principale de saisie s'effectue à travers l'identifiant « aire de reproduction ». Nous constatons que lorsqu'une aire est connue une année, elle est renseignée par la suite tous les ans sur le territoire en question même si elle n'est jamais plus réutilisée. Ce qui fait que nous disposons de plusieurs lignes d'évènements de reproduction pour un territoire donné une même année.

L'espèce ne sélectionnant qu'une seule aire par an, nous observons alors de nombreuses mentions « aire inutilisée » pour chaque couple tous les ans (jusqu'à 2070 enregistrements, environ 80% des enregistrements de la base).

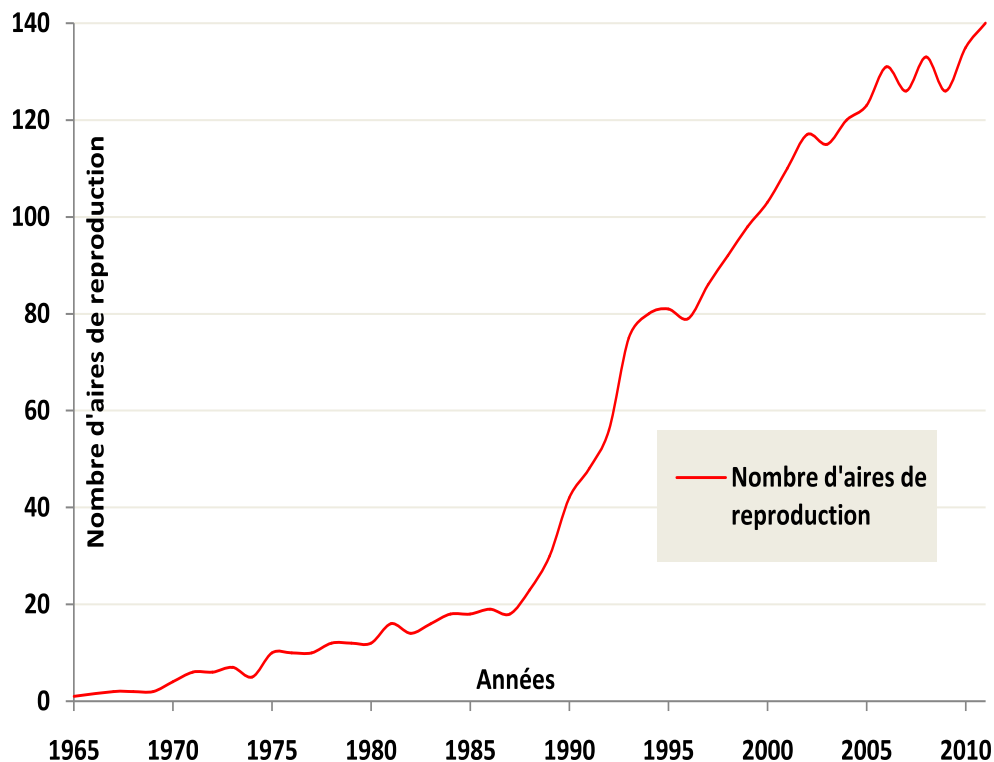


Figure 4 : Evolution du nombre d'aires de reproduction d'Aigle royal renseignées au cours du temps dans le Parc national de la Vanoise.

Toutefois nous pouvons constater que le nombre maximal d'aires enregistrées par année est de 140 (cf. Figure 4), alors que le nombre total d'aires connues est de 170 répartis sur 29 couples en 2011. Chaque aire découverte une année donnée (généralement découverte par une reproduction ou un chargement) n'est donc pas systématiquement renseignée les années suivantes contrairement à ce qui semble être la logique de la construction de la base.

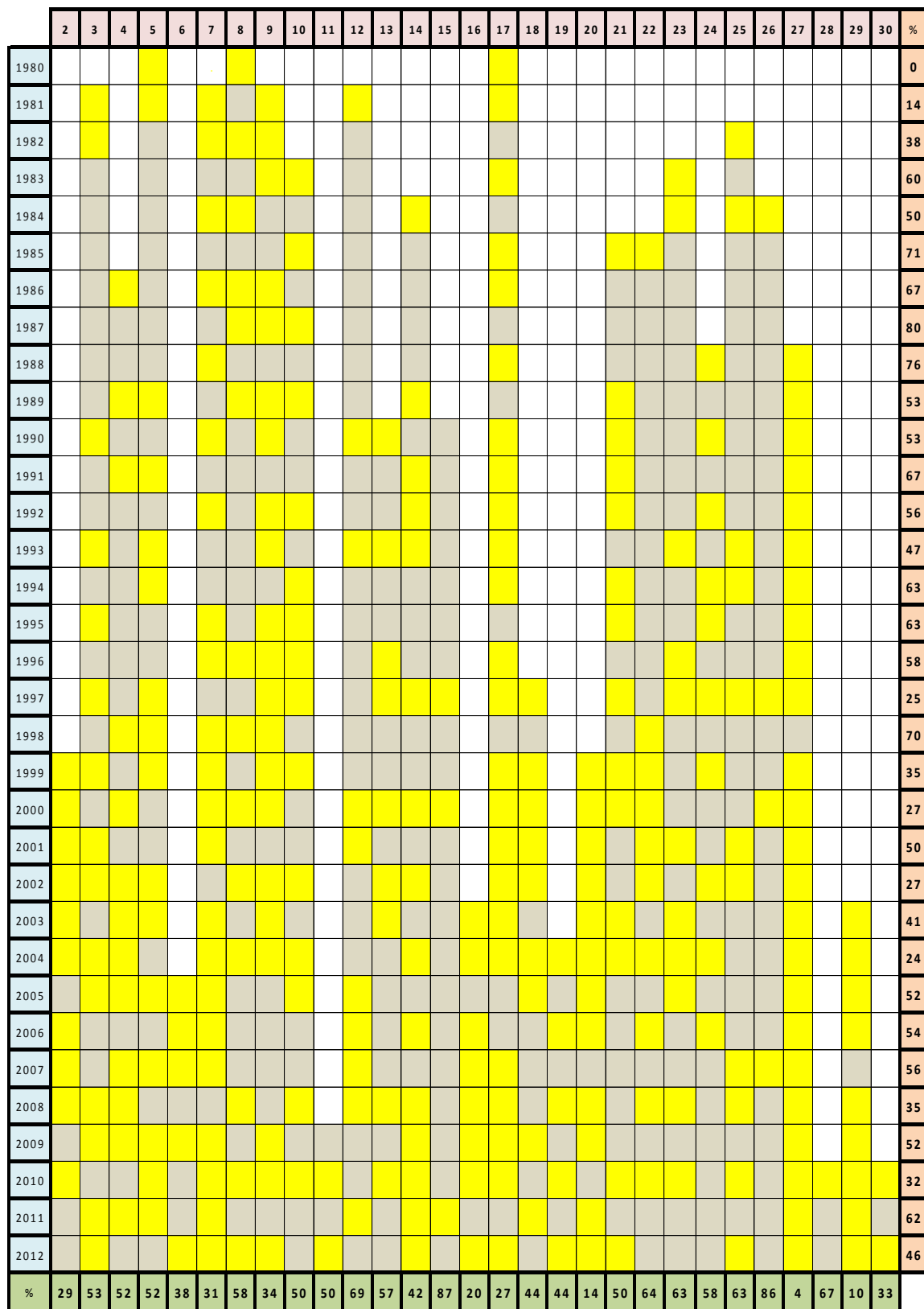
Par ailleurs, la saisie de « aire inutilisée » dans la base de données laisse à penser que toutes les aires sont visitées par les agents chaque année, ce qui n'est en fait pas le cas comme cela avait été pointé lors d'une discussion entre le service scientifique, les agents de terrain et Aurélien Besnard.

Champs et attributs

En définitive, aucune mention claire d'incertitude n'est retrouvée au sein de la base de données. **A ce stade, une interprétation directe de celle-ci conduit à supposer que tous les couples (29 connus en 2011) ont été suivis tous les ans (depuis 1965) avec succès (c'est-à-dire que leur statut reproducteur a été déterminé avec certitude).** Ceci conforte alors l'hypothèse de cette étude (Cf. Hypothèse).

Représentation et proportion du statut de reproduction de la population nicheuse du PNV

La figure 5 permet de visualiser la répartition des événements de reproduction décrits à travers les données contenues. Les années sont en lignes et les territoires en colonnes. Ici en jaune et gris pour les deux statuts rencontrés (respectivement « reproducteur » et « non-reproducteur ») et les cases blanches pour les couples encore non connus. On observe de très fortes variations inter-annuelles de la fréquence de reproduction (proportion de territoires avec tentative de reproduction) mais aussi de très grandes variations de la fréquence de tentative de reproduction selon les territoires. La fréquence de territoires reproducteurs sur l'ensemble du suivi est de 51% (fréquence « Fr » = Nombre de reproduction totale / Nombre de territoires). Nos connaissances bibliographiques appuyées par l'expertise des gardes-moniteurs nous apprennent que certaines années les couples ne se reproduisent pas. Cependant la comparaison par exemple avec les données du Parc national des Ecrins qui mentionne les incertitudes sur le statut reproducteur, semble suggérer que le fait que moins d'un couple sur deux se reproduit en moyenne depuis 1980 est biaisé négativement, probablement comme nous l'avons déjà pointé du fait que les couples non-suivis ou non-détectés sont notés comme « non reproducteurs ».



Légendes:

Reproducteur
 Non Reproducteur
 Couple non connu

Territoires ou couples
 Années

Proportion d'années de non reproduction par territoires
 Proportion de territoires non reproducteurs annuelle

Fréquence (Fr) = A/B

A	Nbre reproducteur total	324	Fr= 0,51
B	Nbre de territoires cumulés	634	
C	Nbre années suivi	32	

Figure 5 : Chronoséquence visuelle du statut de reproduction des couples d'Aigles royaux du Parc national de la Vanoise de 1980 à 2012.

b) Le Parc national du Mercantour



Il existe deux ensembles de données au PNM, existant sous 3 tables ACCESS (Aires, couples, reproduction couples), que nous avons joints pour les besoins de cette étude. Les données issues du protocole « Exhaustif », correspondent à la période durant laquelle tous les couples du parc étaient suivis annuellement de 1986 à 2000. Les données du protocole échantillonné (« Echantillonnage ») correspondent aux données collectées par un plan d'échantillonnage tournant sur l'ensemble des territoires et commencent à partir de 2001. Les structures et logiques des bases de données sur les deux protocoles sont similaires. La logique de construction de la base est par territoire.

Sur les 53 couples connus actuellement, 40 couples sont intégrés à l'échantillonnage. Il existe 181 aires de reproduction connues et 80 aires ont été sélectionnées par les couples depuis 2001.

Tableau 3 : Statuts reproducteur et quantités de données par type de protocole du Parc national du Mercantour

Typologie utilisé	Exhaustif	Echantillonnage	Statuts
Reproduction amorcée pas de ponte	46	14	0
1 juvénile envol	252	45	1
1 juvénile produit, mort avant envol	8	4	1
2 juvéniles envol	29	7	1
Certitude 1 juvénile mais pas sur aire connue	4	NA	1
Certitude 2 juvéniles mais pas sur aire connue	1	NA	1
Echec après éclosion 1 juvénile	12	1	1
Echec après éclosion 2 juvéniles	2	1	1
Fort dérangement et echec	2	NA	1
Ponte et échec	122	34	1
1 juvénile envol hypothèse	8	NA	?
1 ou 2 juvéniles envol hypothèse	4	NA	?
2 juvéniles envol hypothèse	3	NA	?
Absence probable de juvénile envol	1	NA	?
Reproduction observée mais pas suivie jusqu'au bout	12	NA	?
Pas de reproduction aires connues	265	47	?
Vide	260	NA	?
TOTAL	1031	153	

Le Tableau 3 ci-dessus énumère les attributs rencontrés au sein du champ « reproduction » dont on ne retrouve que 8 enregistrements différents dans « Echantillonnage » contrairement aux 17 possibles dans « Exhaustif ». On découvre à travers le champ « statut », le résultat du traitement du statut de reproduction selon la méthodologie décrite plus haut dans ce rapport. Au total 1031 enregistrements ou évènements de reproduction sont contenus dans « Exhaustif ». Et on retrouve logiquement les 153

événements de reproduction correspondant à l'échantillonnage d'environ 15 [11 ;16] couples par an depuis 11 ans du protocole « Echantillonnage ».

Représentation et proportion du statut de reproduction de la population nicheuse du PNM

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	%
101													25
102													25
103													50
104													0
108													25
201													25
202													0
204													50
301													50
302													75
303													25
401													0
402													75
403													25
404													50
405													25
406													0
407													75
408													50
501													75
502													75
503													25
504													50
601													0
602													25
603													0
604													25
605													0
701													0
702													50
703													25
704													25
705													25
706													25
707													33
708													25
709													50
710													25
711													0
712													25
%	31	7	25	29	50	42	21	21	58	36	29	25	

Légendes:

Territoires ou couples
Années

Couple non suivi
Non prévu au protocole

Fréquence (Fr) = A/B		
A	Nbre suivi avec succès	110
B	Nbre de territoires cumulés	158
C	Nbre années suivi	11

Fr= 0,70

Reproducteur
Non Reproducteur
%
Proportion d'années par territoire avec suivi incertain
Proportion de territoires avec suivi incertain par années

Figure 6 : Chronoséquence visuelle du statut de reproduction des couples d'Aigles royaux du Parc national du Mercantour de 2001 à 2012.

La figure 6 ci-dessus intègre uniquement les données du protocole échantillonné. Les années sont en colonnes et les territoires en lignes. Les cases en jaune et gris sont pour les deux statuts rencontrés, les cases blanches pour les couples non prévus d'être suivis l'année donnée et en bleu les couples non suivis c'est-à-dire au statut incertain.

Contrairement au PNV, on constate la présence de données d'incertitudes sur le statut de reproduction. La dernière colonne et la dernière ligne de cette figure indique donc la proportion de mention d'incertitude présente pour chaque territoire et sur l'ensemble du suivi et non pas la proportion de non reproduction comme celle de PNV. Neuf territoires font mention d'un suivi complet (c'est-à-dire sans mention d'incertitude) sur l'ensemble de la période (406/601/605/701/711) et aucun territoire n'a accumulé 100% d'incertitudes. Le taux moyen d'incertitude est de 30%.

c) Parc national des Ecrins

Le PNE comptait en 2012, aires distinctes. Nous ne disposons

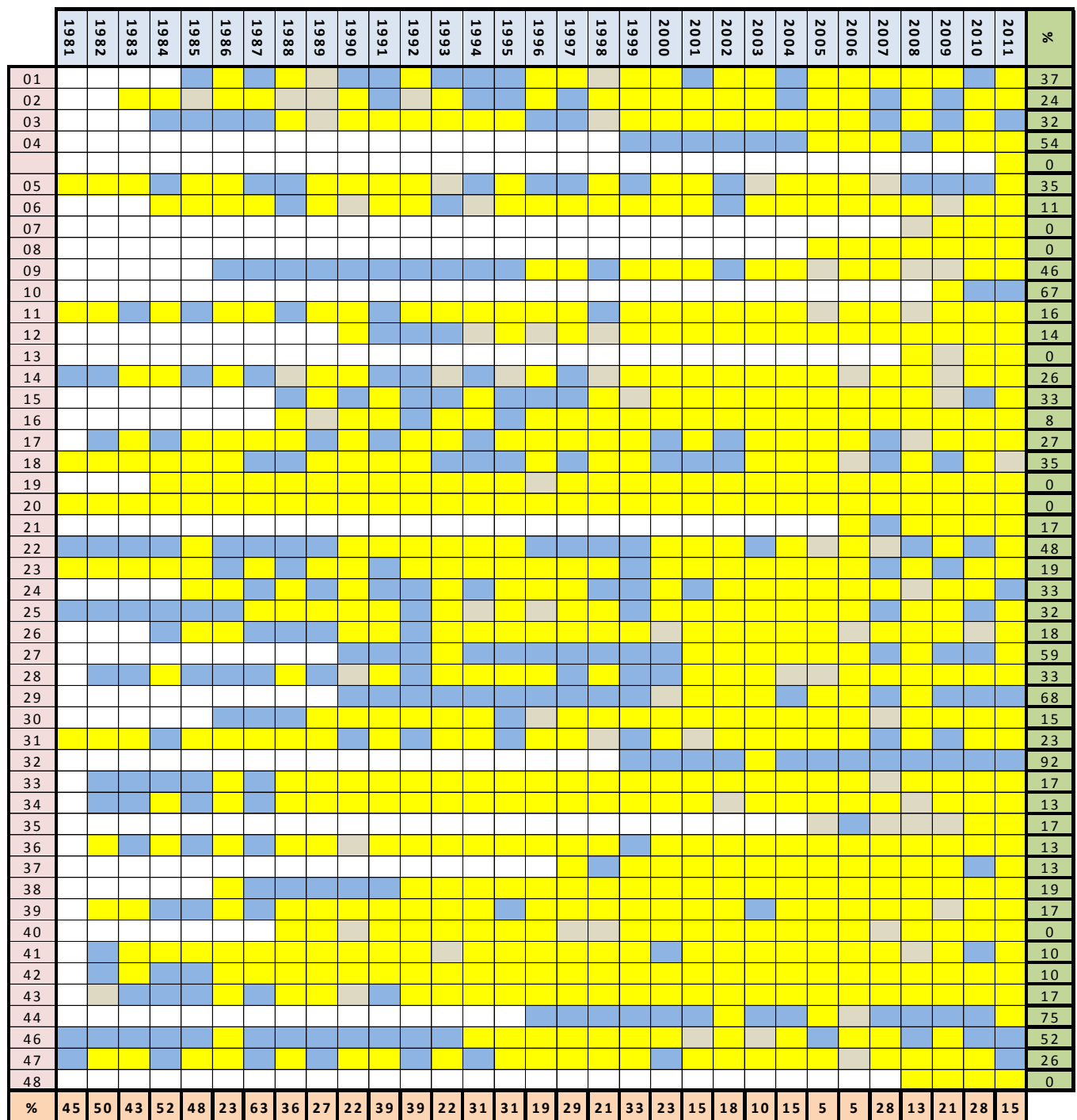


48 couples différents occupant 257 pas exactement d'une base de données

pour cette étude mais d'un tableau de calculs résumant l'ensemble des données existantes exporté par le service scientifique du parc au début de cette étude. La définition des statuts de reproduction définis par la méthodologie de cette étude concorde avec l'interprétation faite au sein du Parc national des Ecrins (relatif au terme « probables » dans les nomenclatures). La symbologie entre parenthèse (a cotés de chaque attributs) est destiné a facilité la compréhension du personnels du PNE. C'est au total 1488 lignes d'évènements de reproduction répartis en une dizaine d'attributs différents. Ils sont comptabilisés et spécifiés sur le tableau 4.

Tableau 4 : Statuts reproducteur et quantités de données du Parc national des Ecrins

Typologie	N	Statut
Echec avant éclosion (P.)	19	0
Reproduction amorcée mais pas de ponte (R)	66	0
Absence de jeunes à l'envol (0?)	252	0
Ponte et échec (P)	87	1
Certitude 2 juvénile à l'envol (2)	91	1
Certitude 1 juvénile à l'envol (1)	306	1
Couple non connu (-)	374	-
1 jeunes à l'envol probables (1?,2?)	3	?
Absence probable de jeunes à l'envol (0)	4	?
couple non suivi (?)	286	?
Total	1488	



Légendes:

	Non Reproducteur
	Reproducteur
	Couple non suivi (?)
	Couple inconnu

	Années
	Territoires ou couples
%	Proportion d'années par territoires avec suivi incertain
%	Proportion de territoires avec suivi incertain par années

$$\text{Fréquence (Fr)} = A/B$$

A	Nbre suivi avec succès	828	Fr= 0,74
B	Nbre de territoires cumulés	1113	
C	Nbre années suivi	30	

Figure 7: Chronoséquence visuelle du statut de reproduction des couples d'Aigles royaux du Parc national des Ecrins de 1981 à 2012.

Représentation et proportion du statut de reproduction de la population nicheuse du PNE

La figure 7 retrace les évènements de reproductions en fonction des statuts de reproduction du Parc national des Ecrins. A l'inverse des autres figures du même type dans ce rapport, celle-ci présente les années en colonne et les territoires en ligne.

Le tableau de fréquence de reproduction intègre néanmoins la totalité des données disponibles. Les évènements correspondant à l'attribut « Couple non connus » ne sont pas comptabilisés dans les bilans présents, ni bien évidemment dans les proportions de suivis incertains annuelles et par territoire, ou bien encore sur les calculs de fréquence.

Cette figure nous renseigne sur le fait que certains couples sont suivis avec succès chaque année (20/34/36/38/40/42/...), certains accumulent les incertitudes presque chaque année (32/44) et d'autres présentent une difficulté régulière moyenne de détermination du statut reproducteur sur la totalité du suivi (18/22/24/28/46). En rappelant que l'incertitude ici décrite, est intégré en routine par les services scientifiques, elle s'élève à 25,5% pour PNE alors qu'elle est de 30 % pour PNM, et de 0% pour PNV.

d) Le Parc national des Cévennes

La première donnée date de 1996 et le parc compte aujourd'hui 20 couples répertoriés. Ce suivi de reproduction s'articule autour de la notion de « site » et non pas réellement de territoire au sens biologique du terme ni d'aire de reproduction, comme il est possible de le retrouver dans les autres parcs. L'objectif de ce fonctionnement est de pouvoir décrire un polygone (le « site »), comme occupé lorsqu'il y a nidification du couple afin de le transmettre à tous les acteurs locaux et utilisateurs de l'espace pour garantir le non dérangement de la nidification. Une application logicielle permet l'activation ou la désactivation automatique du statut des sites en fonction de la saisie des agents. Les données utilisées pour cette étude s'intègrent au sein d'un large modèle conceptuel des données sur PostGIS.



Tableau 5 : Extrait de la base de données du Parc national des Cévennes.

nom_couple	nb_oiseau_vu	nb_oeufspondus	nb_poussins	nb_jeunes	site_occupé	nb_envol	site_occupé_IssuesIncertaines	inoccupé/échec	Cause_échec
Ex1	2	0	0	0	true	0	false	true	NA
Ex2	2	0	0	0	true	0	false	true	Indeter
Ex3	2	1	0	0	true	0	false	true	Indeter
Ex4	2	0	0	0	true	0	false	true	Indeter
Ex5	2	1	1	1	true	1	false	false	NA
Ex6	2	1	1	1	true	1	false	false	NA
Ex7	2	2	2	1	true	1	false	false	NA
Ex8	2	1	1	1	true	1	false	false	NA

Nous avons sélectionné 9 champs (Cf. Tableaux 5). La différence entre certains d'entre eux, tels que « site-occupé_IssuesIncertaines » et « inoccupé/échec » est difficilement

perceptible. Sur l'extrait du Tableau, des contradictions apparaissent pour les couples Ex1 à Ex4 (cf. « *nom couple* ») qui décrivent un site comme occupé (cf. « *site_occupé* »), puis non occupé (cf. « *site_occupé_IssuesIncertains* »), et déclare être inoccupé et/ou échec sur le champ « *inoccupé/échec* ».

L'interprétation des données telles qu'elles doivent être traitées par le PNC à travers les «1 », « 0 » où « TRUE », « FALSE » nous ont permis d'identifier 231 évènements de reproduction. Nous avons remarqué l'absence totale d'environ 24 évènements de reproduction (dont la majorité en 2012) n'apparaissant pas du tout dans les données. Cela s'explique par la remontée inachevée des données des partenaires associatifs auxquels le PNC a délégué tous les couples hors du cœur de parc (Com. Pers Chargé de mission Faune PNC).

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	%
Altier																		65
Arre																		100
Dargilan																		29
Hort de Dieu																		75
Jonte Aval																		0
La Bourgarie																		35
La Cadriere																		100
La Rigalderie																		40
La R. Ste Marguerite																		67
Les Hourtous																		41
Madieres																		20
Molines																		42
Navacelles																		13
Ste Enimie																		18
Tarnon																		53
Trevezel																		18
Vallee Borgne																		83
Virenque																		100
%	55	18	36	36	33	50	47	40	47	20	40	35	29	71	61	28	33	

Légendes:

	Non Reproducteur
	Reproducteur
	Couple non connu
	Couple trop incertain
	Absence de données

	Territoires ou couples
	Années
%	Proportion d'années de non reproduction par territoires
%	Proportion de territoires non reproducteurs en 17 années de suivi

Fréquence (Fr) = A/B		
A	Nbre reproduction total	124
B	Nbre de territoires cumulés	250
C	Nbre années suivi	15

Fr= 0,50

Figure 8: Chronoséquence visuelle du statut de reproduction des couples d'Aigles royaux du Parc national des Cévennes de 1996 à 2012.

La lecture difficile de cette base nous oblige à définir par défaut environ 27 évènements de reproduction comme incertains. Nous insistons sur le fait, que leur présence n'est pas due à des mentions claires d'incertitudes contrairement à PNM et PNE mais plutôt à une impossibilité pour nous de reconstituer sans hésitation statut à partir des informations

contenues dans la base. Une discussion approfondie avec le service scientifique par la suite serait utile pour déterminer la manière précise dont ils interprètent les données de leur côté. Sur les 204 restants, il y a 115 enregistrements correspondant à des « non tentatives de reproduction » et les 89 restants à des tentatives confirmées quelle que soit l'issue de reproduction.

Représentation et proportion du statut de reproduction de la population nicheuse du PNC

Les cases en marron sont les données totalement absentes (Cf. Figure 8). On remarque une importante irrégularité des statuts de reproduction et l'absence de mention réelle d'incertitudes sur les issues de reproduction (notion différente de l'incertitude que nous intégrons par défaut de compréhension de la base de données). Les cases bleues renvoient aux données très difficilement interprétables. Par souci d'exhaustivité nous les avons fait apparaître. Cette figure s'interprète alors de la même manière que celle du PNV. Nous parlerons de « non reproduction » en sous-entendant la possibilité qu'une proportion inconnue soit en réalité de l'incertitude. Le seul territoire décrivant 100% de reproduction ne compte que 3 années de suivies dont une année sans données (2012). Tout comme le PNV, nous constatons qu'un couple sur deux ne s'est pas reproduit depuis 1996 avec une fréquence de couple reproducteur de 0,50.

e) *Le Parc national des Pyrénées*

Ne disposant que de données très incomplètes, il est impossible d'effectuer les mêmes traitements. Néanmoins, nous savons que le suivi s'exerce sur 32 couples utilisant environ 110 aires de reproduction connues. Chaque secteur envoie annuellement le bilan de reproduction à travers une fiche de saisie existant depuis environ 3 ans à la maison de Parc où les données sont accumulées. Les prémices d'une base de données rapaces existent sous logiciel ACCESS 2007.

Un territoire de reproduction est une entité surfacique difficile à définir : l'exemple du Parc national de la Vanoise.

Certains comportements observés sont indicateurs de territoires occupés qui seront ardemment défendus. Les « festons » sont des manifestations aériennes très impressionnantes envoyant un signal clair (Watson, 1997). Des exclusions de territoires sont régulièrement observées sur le terrain. Les occupants officiels raccompagnent les intrus en dehors du territoire parfois très violemment (pouvant aller jusqu'à la mort), qu'ils soient de la même

espèce ou non (Watson, 1997). A travers tous ces indices, certains parcs nationaux ont tenté de délimiter les différents territoires d'aigles au sein de leurs limites administratives. Étant donné qu'il est presque impossible de différencier les individus en l'absence de marquage artificiel, ce type de document concentre alors irrémédiablement une importante part de subjectivité.

La figure 9 ci-dessus projette les aires connues du PNV. Les polygones rassemblent les aires qui sont notées comme appartenant au même territoire dans la base de données. On constate d'emblée une très forte disparité de la surface de ces polygones avec des territoires ne disposant que d'aires très proches et certains territoires agglomérant des aires parfois très éloignées. En l'absence d'information individuelle il est possible que certaines aires soient mal attribuées à des territoires. L'encart de la figure 9 illustre notamment une probable

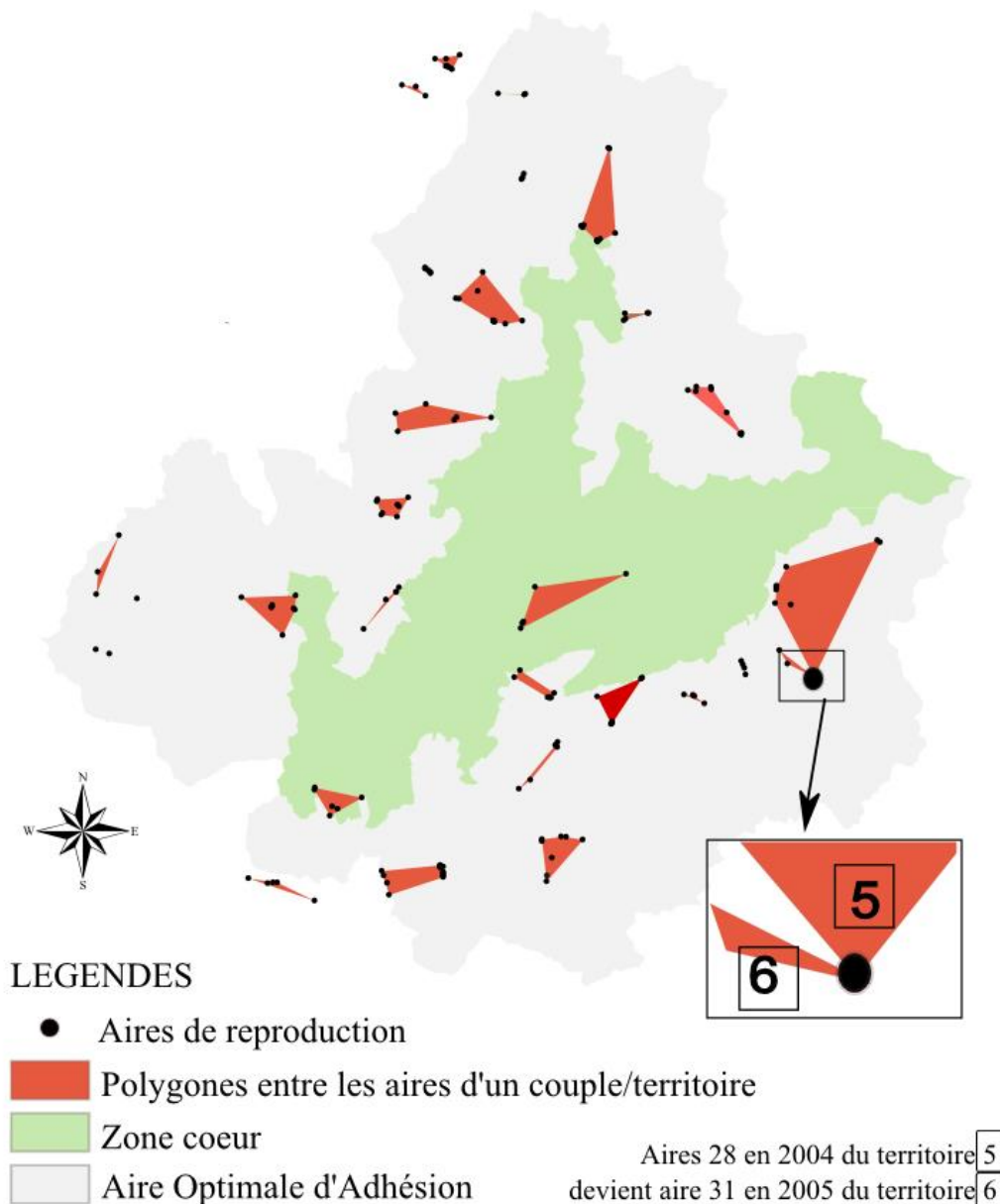


Figure 9 : Deux territoires pour une aire de reproduction

confusion dans la détermination de ces territoires (5 et 6). Avant 2005 cette aire était attribuée au territoire 5 qui présente de fait un polygone extrêmement large.

Cependant en 2005 cette aire a été attribuée au territoire 6 du fait qu'un couple avait été observé en même temps sur le territoire 5 sur une autre aire. Il est possible que cela se soit effectivement passé comme cela notamment car de nouveaux couples s'installent mais il est plus probable au vu de la taille du polygone du territoire 5, qu'en croyant observer un couple, il s'agissait en réalité de deux couples aux territoires mitoyens. Si cet exemple est le seul flagrant, il démontre que la notion de territoire défini a posteriori par un ensemble d'aires et d'individus semblables pose question et n'est pas sans équivoque. Dans ce cas précis, il se pose la question de savoir si ces données doivent être réinterprétées a posteriori ou pas. Ceci a une importance non-négligeable car elle impact le nombre de territoires comptabilisés d'une part, mais également dans l'idée de mieux comprendre les variations de reproduction entre les territoires ces problèmes mélangent probablement les informations de deux territoires.

f) Premier éléments de discussions

Malgré de nombreux contacts avec chacun des PNx, nous ne pouvions les solliciter trop régulièrement pour la compréhension des données. La définition des statuts de reproduction a donc demandé une standardisation objective par les méthodologies choisies dans ce rapport que nous avons parfois du faire sans discussion approfondie avec chaque parc. Il est probable que certains décalages existent entre notre interprétation et les significations réelles des PNx vis-à-vis de leurs données. Une étude plus fine des données de chaque parc est donc nécessaire sur le plus long terme mais elle n'était pas possible dans la cadre de ce stage de master 1. Malgré tout il est peu probable que de telles discussions modifient fortement les interprétations et donc impactent fortement les conclusions quant aux chronoséquences et aux statistiques descriptives basiques présentées ci-dessus (proportion, fréquence).

Le nombre d'enregistrements peut parfois être différent du nombre d'évènements de reproduction. Ceci dépend des logiques mises en place lors des créations de bases de données.

En effet, nous avons vu que la base de données du PNV contenait environ 80% de ces enregistrements sous la mention « d'aires inutilisées » puisque sa logique de saisie de l'information repose sur les aires connues. La logique du PNC s'articule autour de la notion de territoires et/ou de « sites » comme entrée principale de saisie. Celle du PNM et du PNE

s'articule autour de la notion de territoire. Nous avons constaté également que la notion de territoire pouvait d'ailleurs facilement être erronée, d'autant plus que ces aspects restent encore mal décrits dans la littérature scientifique.

Les PN ayant choisi d'effectuer leur suivi en partenariat associatif, se voient soulagés de nombreuses journées agents sur le terrain. Ce qui apparaît comme un avantage « budgétaire » pourrait être l'une des causes de la dégradation voire de la disparition de l'information comme nous pouvons le soupçonner à travers certains manquant dans la base du PNC.

Il apparaît à travers cette analyse que certains PNx semblent réussir à suivre l'intégralité de leurs reproductions et donc ne font pas état d'incertitude sur le statut reproducteur des couples. C'est le cas par exemple du PNV pour lequel en moyenne un couple sur deux se reproduit annuellement. Deux autres PNx contiennent des mentions d'incertitudes et ces parcs présentent des proportions de reproduction de l'ordre de 70% de sur l'ensemble du suivi et de 25 à 30% d'incertitude. Nous remarquons que pour ces deux parcs, la quantité de données incertaines est supérieure à la quantité de données de non reproduction certaine, ce qui peut sembler cohérent au vu de la difficulté de détecter les aires de reproduction sur cette espèce en montagne. Le PNM utilise un protocole par échantillonnage des couples et devrait donc en théorie avoir une plus faible incertitude sur le statut reproducteur des couples puisque l'effort est alloué sur moins de couples que pour les suivis exhaustifs. Ce n'est cependant pas le cas, nous avons curieusement rencontré au sein des données du PNM de nombreux enregistrements de couples suivis certaines années alors qu'ils ne devaient pas l'être vu le protocole « tournant ». Il semble que l'attachement des agents au suivi de l'espèce les ait conduits à poursuivre un suivi quasi-exhaustif et donc à partiellement annihiler le bénéfice du protocole « échantillonné ».

Les paragraphes suivants vont considérer ces hétérogénéités de présence et d'occurrence de mentions de reproduction ou non et d'incertitudes au sein des scénarios distincts décrits dans la partie méthode plus haut dans ce rapport. Le Parc national des Ecrins ne comptera qu'un seul scénario. Nous avons, en effet, constaté que les données présentes et l'interprétation qu'ils en faisaient, ne justifiait pas la présence d'un scénario alternatif. Malgré la présence de quelques données d'incertitudes au sein du PNM, nous avons constaté que leurs interprétations englobaient des mentions douteuses comme des « non reproduction » ; justifiant alors la présence d'un scénario alternatif. Les BDD du PNV et du PNC ne

distinguent pas les mentions de non reproduction et d'incertitudes vis-à-vis du diagnostic de terrain, nous amenant à considérer de manière extrême, tous les « 0 » (non reproducteur) comme des incertitudes dans un des deux scénarii.

2. Fécondité et taux d'accroissements

Tableau 5 : Données, calculs de fécondités et taux d'accroissements des quatre parcs nationaux

									
Types Données	PNV		PNC		PNM				PNE
	Base	Alternatif	Base	Alternatif	Exhaustif		Echantillonnage		Base
					Base	Alternatif	base	alter	
NA	0	413	27	142	288	553	0	47	293
0	413	0	115	0	457	192	101	54	424
1	195		83		256		45		306
2	44		6		30		7		91
Sous-totaux (0,1,2)	652	239	204	89	743	478	153	106	821
Nombre de jeunes	284		95		316		59		488
f= (Jeunes/Sous-totaux)	0,436	1,188	0,47	1,07	0,43	0,66	0,39	0,56	0,594
Taux d'accroissement	1,009	1,082	1,013	1,073	1,008	1,034	1,003	1,024	1,028
Taux d'accroissement observé	1,031		1,027		1,025				1,029

Le tableau ci-dessus nous permet d'apprécier les détails des calculs effectués. Le dénominateur du calcul de fécondité est défini par le nombre de couples connus ayant eu 0, 1 ou 2 jeunes. Nous avons remarqué pour chaque parc, qu'une interprétation différente des « NA » et des « 0 » faisait varier notre nombre de territoires connus dans ce calcul. Sur cette distinction, l'exemple du PNV est le plus extrême puisqu'il considère la totalité des « 0 » pour des « NA » et inversement en fonction du scénario considéré. Les deux fécondités obtenues sont alors très différentes (2.5 fois plus importante sur le scénario alternatif). Les exemples du PNC et du PNM ne bénéficient pas de la même facilité de lecture de leurs tableaux (sous-jacent un important investissement dans la compréhension des données).

Malgré une certaine complexité dans l'interprétation des données du PNC, nous remarquons que les résultats sont proches de ceux du PNV. Les quatre taux d'accroissement du PNM sont compris entre 1,00 et 1,03.

Nous pouvons dès maintenant confronter les valeurs obtenues pour chaque scénario, aux valeurs de référence représentées par le taux d'accroissement observés à travers le nombre de couple par an. Et nous remarquons entre autres, que l'unique scénario du PNE et le scénario alternatif du protocole échantillonné du PNM sont très proches de leur scénario observé.

3. Modélisation démographique des différents scénarios d'interprétation des données

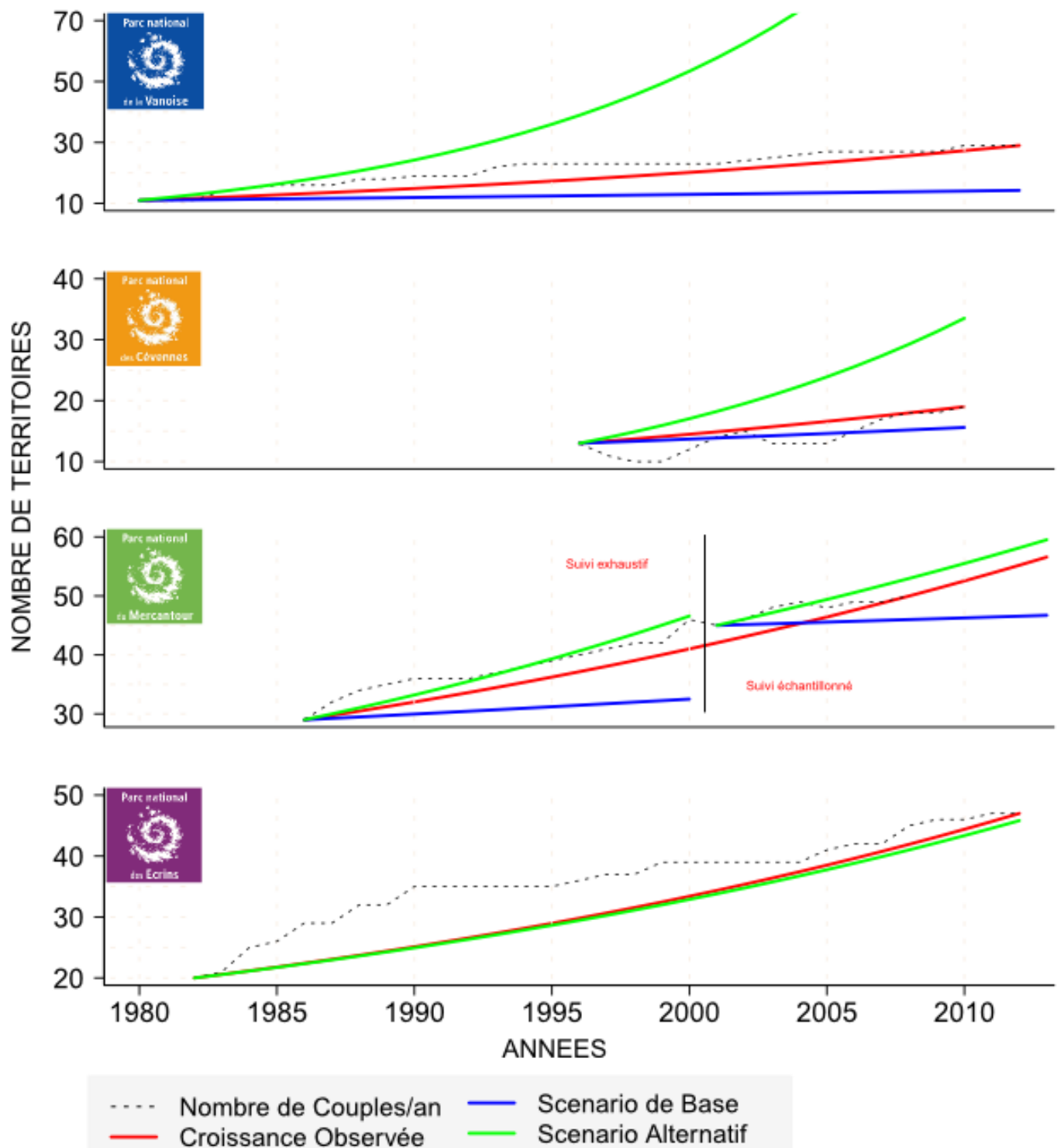


Figure 10 : Aperçus graphiques des divers scénarios au sein des quatre parcs nationaux.

Les scénarios alternatifs du PNV et PNC décrivent une croissance optimiste voire très optimiste par rapport à la croissance observée mais celui du protocole échantillonné du PNM

est très proche de la croissance observée. Mis à part la croissance prédite par le PNE, tous les scénarios de base décrivent au contraire des croissances très inférieures aux croissances observées puisqu'en général ils prédisent de très très légères hausses alors que les effectifs reproducteurs dans les parcs ont largement augmentés sur les périodes d'étude.

IV. Discussion

L'« effet réserve » des Parcs Nationaux offrent logiquement des conditions favorables de tranquillité et de disponibilité alimentaire (« relative ») dont dépendent les couples d'Aigles royaux. Il est probable que les populations occupant le parc présentent une dynamique globalement favorable, en tout cas plus favorable que celles de populations dans des zones non-protégées. Les scénarios alternatifs, c'est-à-dire qui considèrent les « non-reproducteurs » comme des incertitudes dans pour plusieurs parcs, prédisent de très fortes croissances des effectifs reproducteurs dans les parcs du fait de fortes valeurs de fécondité.

Dans ce contexte, les effectifs prédits sont supérieurs à ceux réellement observés et ceci serait possible dans l'hypothèse où une partie de jeunes produits dans les parcs disperseraient pour recruter à l'extérieur des parcs. Dans ce scénario les parcs apparaissent comme des populations « sources ». En revanche, les scénarios « de base », c'est-à-dire celui considérant les données exactement comme elles sont décrites dans les bases de données prédisent pour la plupart des parcs des croissances des effectifs très très faibles, et en tout cas bien inférieures aux croissances observées. Ceci n'est possible que si des populations à l'extérieur du parc agissent comme une population « source » qui « alimenterait » en individus le recrutement de couples dans les parcs. Des deux scénarii, ce second est bien le moins crédible, même s'il n'est pas possible de l'exclure avec certitude. Toutefois l'exemple du PNE, qui considère finement les incertitudes sur le statut reproducteur des couples présente un ajustement quasi-parfait entre les effectifs prédits et les effectifs observés sur le terrain. Ce résultat est un argument fort plaçant pour le fait qu'une partie des « non-reproduction » notées dans les bases de plusieurs parcs sont de fait sans doute des incertitudes de statut reproducteur. Nous tenons par ailleurs à rappeler que nous opposons volontairement un scénario alternatif qui est très extrême dans la gestion des « non reproducteur » car en les considérant tous comme des incertitudes, il ne reste parfois dans les bases que des reproductions avérées. Ce scénario est donc par construction très optimiste et représente la limite de ce qu'on pourrait obtenir comme fécondité sur les territoires des parcs. Il n'est donc pas surprenant que les effectifs prédits soient supérieur à ceux observés. Là encore, le cas du

PNE mais aussi la bibliographie montre qu'il existe bien des événements de non-reproduction et qu'ils sont même relativement fréquents chez l'Aigle Royal.

Il est intéressant de noter que dans le cas du protocole échantillonné du PNM, le scénario alternatif prédisait mieux les effectifs observés que le scénario de base. Ceci démontre que malgré une réduction du nombre de couples suivis (en théorie) le degré d'incertitude sur le statut reproducteur reste probablement sous-estimé. Il s'agit donc bien encore d'une difficulté à déterminer à partir de quel moment, quel effort de terrain (et conduit à quelle période) on peut vraisemblablement considérer qu'un couple n'est pas reproducteur. C'est bien évidemment une question très complexe mais qui devra être posée et explorée. Il est cependant intéressant aussi de noter que dans le cas du PNM, malgré un plan d'échantillonnage définit, de nombreux couples sont suivis tous les ans alors qu'ils ne font pas parti du plan d'échantillonnage planifié l'année en question. Nous pensons que celles-ci ne sont pas le seul résultat des saisies de données opportunistes sur des couples non prévus mais trouvent leur explication dans l'attachement fort des agents de terrain au suivi traditionnel de cette espèce (constat confirmé sur l'ensemble des parcs). Ceci peut aussi expliquer que la gain en précision du protocole basé sur l'échantillonnage est plus faible qu'attendu puisque les efforts ne sont de fait pas uniquement alloués sur les 15 couples prévus annuellement mais sur, à nouveau, presque l'ensemble de la population.

III. Propositions et recommandations

A partir des entretiens téléphoniques avec les différents services scientifiques mais aussi une réunion du groupe de travail inter-parc réunissant les chefs de services scientifiques et PNF, un certain nombre de direction pour l'avenir des suivis « Aigles royaux » dans les parcs a pu émerger. Rappelons qu'un des objectif identifié assez rapidement en début de stage était que les futures propositions méthodologiques devaient de (i) permettre une diminution des moyens alloués au suivi de l'espèce (sauf pour le PNE) et (ii) d'être commun aux différents parcs (iii). Les dernières discussions en inter-parcs sur les suites à donner à ce protocole ont mis en évidence que cet objectif serait difficile voire impossible à atteindre tant les volontés des parcs diffèrent autour du suivi Aigle.

I. Une stratégie différente par niveau

Le Groupe de travail qui s'est réunis le 19 Février 2014, a cherché à clarifier les stratégies scientifiques sur cette espèce (CR GT scientifique, Jailloux 2014). A la finalisation

de ce rapport, PNV et PNP désire réduire fortement les moyens sur cette espèce, impliquant l'abandon du suivi de reproduction pour une réorientation vers la protection des reproductions contre les dérangements (ZSM). Le PNC désire maintenir son fonctionnement actuel. PNM se montre intéressé par les orientations de ZSM mais désire maintenir son suivi de reproduction par échantillonnage. Le PNE maintient l'effort d'un suivi exhaustif mais se montre volontaire pour l'intégration d'un protocole emboîté par échantillonnage si une dynamique inter-parc est décidée. Ce dernier aborde la possibilité d'un suivi par Capture-Marquage-Recapture à long terme. Il est mis en évidence trois niveaux différents.

1. Niveau 1 : Inventaires des aires, porter à connaissance et Zones de Sensibilités Majeures

PN motivés : PNV, PNP, PNC

Objectif(s) : Suivi annuel de l'occupation des aires et des pressions/enjeux susceptibles de provoquer des dérangements lors de la période de reproduction. Préalable à la mise en place de Zone de Sensibilités Majeures.

Argumentaire : Les parcs se doivent de protéger l'Aigle royal et assurer de bonnes conditions à sa reproduction, ceci peut impliquer de limiter les activités humaines pouvant conduire à du dérangement sur les couples.

Application(s) : La cartographie évolutive des pressions susceptibles de provoquer un dérangement de reproduction permet de hiérarchiser les territoires à surveiller en priorité. Etablir une typologie de comportements et/ou d'indices observables (festons, individu couveur, jeunes au nid, ...) attribuant un degré de certitude quant à la présence d'une reproduction. Appliquer une Zone de Sensibilité Majeure en fonction des niveaux d'exigence de protection définis par le rapport « Intensité de pression / statut et stade de reproduction ».

Implique : - de disposer d'une cartographie des pressions avec de l'information sur la quantité temps d'expositions, l'intensité de dérangements, etc... - de disposer d'une cartographie des territoires d'Aigles royaux présents et surtout de leur occupation une année donnée ; - de connaître le rayon d'exclusion à mettre en œuvre.

Limites : - Aucunes connaissances scientifiques ne renseignent sur la surface et la forme des ZSM à appliquer, celles-ci dépendant sans aucun doute de l'exposition spatio-temporelle aux perturbations, du type de perturbation et des caractéristiques environnementales (en particulier la position de l'aire vis-à-vis du relief). – Une étude fine des

ZSM, de leur efficacité ou au moins une synthèse des retours d'expérience s'avère ici nécessaire. - Malgré une hiérarchisation des zones à enjeux, il sera difficile de diminuer efficacement les moyens investis sur cette espèce avec un protocole comme celui-ci. En effet le plus important volume horaire investi dans le suivi de reproduction sur cette espèce est consacré à la détection de l'aire sélectionnée par le couple. Cet effort devra donc être maintenu et le gain en journée-agents sera donc limité. Par ailleurs se pose la question de la méthode de détection de nouveaux territoires.

2. Niveau 2 : Suivi de la reproduction par plan d'échantillonnage tournant

PN motivés : PNM, PNV, PNE

Objectif(s) : Détecter les importantes variations de fécondité à des échelles plus larges spatialement pour des résultats plus fiables et logiques biologiquement

Argumentaire : Chez les espèces longévives comme c'est le cas de l'Aigle royal, la fécondité n'est pas le paramètre le plus sensible de la dynamique de la population. En effet, les aigles ayant une survie annuelle adulte de 0.95, ils ont donc une espérance de vie reproductive d'environ 20 ans. De fait, la mortalité d'un adulte aura autant d'impact qu'une vingtaine d'échec de la reproduction. Malgré tout les travaux récents Gilles Nigel Yoccoz et Jean-Michel Gaillard à travers un partenariat avec le Parc national des Ecrins montrent qu'un suivi de la fécondité est important pour ne pas passer à côté de grosses perturbations dans la population. Ceci plaide pour la poursuite d'un suivi de la reproduction mais avec un effort réduit puisque le degré de précision attendu peut être plus limité.

Application(s) : Stratégies d'échantillonnages :

Inspiré du protocole du PNM (Jenouvrier S. & Sarrazin et al., 2001) qui consiste à suivre une population complète sur un roulement triennal. Ceci permet d'obtenir un suivi minimum de la fécondité permettant de détecter de gros problèmes sur la reproduction en temps voulu.

Implique : -Globalement ce suivi consisterait à poursuivre les suivis de reproduction actuels mais en réduisant l'effort en passant par un plan d'échantillonnage comme celui mené par le PNM. Cependant les résultats des analyses menées dans le cadre de ce stage plaident pour une remise à plat non pas des protocoles de terrain en soit, ceux-ci sont surement pertinents même si un travail de standardisation et de formalisation est sans doute

nécessaire (mais aussi d'animation, voire ci-dessous), mais surtout une remise à plat du cheminement de l'information et des bases de données qui les agrègent.

Outre la rigueur de l'observateur à la saisie des données, il faut également lui offrir la simplicité et la rapidité de le faire. Par ailleurs il est crucial que les bases de données agrègent des données brutes, non-interprétées et correspondant à ce qui est observé et noté sur le terrain. Ceci implique notamment que **la visite soit l'échelle à laquelle l'information doit être saisie**. En effet, la totalité des données que nous avons reçues sont un résumé de fin de saison à l'échelle du couple (PNM, PNE, PNC) ou de l'aire (PNV). Le Parc national des Pyrénées a quant à lui, des fiches de saisie par territoire connu où chaque visite est consignée et renseignée. Malgré le fait que ces données ne soient pas encore facilement consultables au sein d'une base de données, ce schéma de saisie est a priori le meilleur. Si l'information existe à l'échelle de la visite, il sera dorénavant possible d'estimer les pressions d'observations de chaque événement de reproduction, et ainsi pouvoir lui attribuer une certaine confiance, nécessaire sur des cas particuliers d'incertitude. En effet, au sein des bases actuelles, nous avons vu attribuer des mentions de « non reproduction (0) » pour lesquelles nous suspectons plutôt un problème de détection de l'évènement de reproduction. Il devient ainsi possible en fin de saison et pour chaque responsable de suivi, de définir précisément, à l'aide du nombre de visites effectuées et des remarques et impressions de terrain, la réelle appartenance à l'une des trois mentions disponibles avec plus de certitude. De nombreux faux « 0 » (définis par erreur comme des non reproductions) auraient pu être redéfinis comme de vraies incertitudes (« ? ») si nous avions pu avoir accès à l'information visite par visite. Il est aussi possible d'étudier la sensibilité des résultats à tel ou tel critère dans la décision ou de revenir sur ces critères ultérieurement en fonction de l'avancée des connaissances. Ce n'est pas le cas quand les données saisies dans la base sont déjà interprétées.

Pour ce faire, les Parcs Nationaux et leurs partenaires ont besoin de s'équiper d'un outil de Système de Gestion de Base de Données (SGBD) adapté au suivi de l'Aigle royal. Il doit faciliter la saisie à des observateurs hors Parcs Nationaux pour assurer une remontée rapide et efficace de l'information. Le SGBD doit permettre à l'échelle de la visite, une saisie rapide et encadrée, c'est-à-dire pour l'observateur d'avoir un choix restreint par une typologie de mention préalablement bien définie au sein de son interface de saisie. Sur l'exemple des BDD du PNM et du PNE, il faudrait à la vue des points précédents, proposer une typologie commune à l'ensemble des PNx.

Les agents de terrain voient d'un mauvais œil la diminution annoncée des moyens sur le protocole de suivi de reproduction de l'Aigle royal. A la vue des résultats énoncés plus haut et de l'argumentaire sur l'importance de la fécondité dans la dynamique des populations d'Aigle, il est sans doute possible d'assurer un suivi de qualité équivalente à celui mené jusqu'à présent avec moins de moyens. Cependant, nous avons constaté à travers l'expérience du PNM, que les efforts déployés dans la réforme de ce protocole n'atteindraient jamais leurs objectifs d'efficacité sans la totale adhésion des gardes-moniteurs. Un travail important d'animation pouvant notamment reposer sur les conclusions de cette étude est donc nécessaire.

Limites : La difficulté principale réside dans la fédération des divers partenaires vers une seule et même stratégie scientifique. Animer le suivi pour que les agents consacrent effectivement le temps imparti au suivi des couples du plan d'échantillonnage et ne diluent pas l'effort sur l'ensemble de couples.

Perspectives : Les parcs nationaux font partie du Réseau « Aigle royal » organisé par la Ligue de Protection des Oiseaux. Des organismes tels que le Groupe Rapaces Sud Massif Central et Nature Midi-Pyrénées, mais également de nombreux particuliers passionnés sont fédérés au sein de cette dynamique. Ce réseau a pour but d'organiser et de récolter les données sur les suivis effectués. Les Pyrénées et leurs partenaires sont d'ores et déjà liés au sein du Réseau Aigle Pyrénées. Ils organisent annuellement un colloque d'échange à ce sujet. Cette coopération a permis par exemple la mise en exergue d'une très mauvaise année de reproduction dans la partie occidentale en comparaison avec le reste du massif (Clouet et al. 2013). Cependant mis à part sur les Parcs Nationaux, nous n'avons pour l'instant aucune information sur les processus détaillés de collecte, de saisie et de remontée des informations et ceci risque d'être très hétérogène. Toutefois, il ne fait aucun doute que la pression d'observation hors Parc est bien moins importante. Le nombre de couples connus et suivis ne peut être aussi précis. Et le design méthodologique n'intègre pas de stratégie compensant ces difficultés de suivis et de détection.

Malgré tout, de nombreux indices suggèrent qu'une certaine saturation du nombre de territoires dans les Parcs nationaux est en train d'être atteinte. Par exemple, Fasce et al (2011) ont mis en évidence la présence de densité dépendance sur la population nord-Italienne. Il est donc probable que les enjeux majeurs de connaissance et de conservation de l'espèce ne se situent plus uniquement au niveau des Parcs Nationaux. Les interrogations relatives à la

colonisation des espaces non protégés, hypothétiquement alimentés par « les populations sources » des zones protégées, semblent être bien plus pertinentes dans le cas de cette espèce. C'est une des raisons pour laquelle les parcs pourraient être porteurs d'une dynamique au sein du réseau « Aigle Royal » plus pertinent écologiquement. Cela aurait pour effet d'encadrer davantage les prospections hors Parcs, par exemple en disposant d'un plan d'échantillonnage commun mais aussi d'un protocole et d'une base de données commune assurant une homogénéité de la qualité des données collectées. La mise en place d'un suivi Aigle royal à l'échelle nationale demanderait un effort important tant pour l'adhésion de tous les partenaires et la mise en cohérence des pratiques.

3. Niveau 3 : Connaissance fine des mécanismes de dynamiques de population en jeux sur les territoires des parcs comme outil au service de la gestion

PN motivés : PNE

Objectif(s) : Mises en place d'un suivi par Capture-Marquage-Recapture à long terme. Mettre en œuvre sur l'aigle, sur un parc national, un suivi fin comme ceux qu'il peut y avoir sur le bouquetin ou l'isard, ce suivi devenant une vitrine de l'effort des parcs en termes de suivi des populations mais aussi une référence pour le monde de la recherche.

Argumentaire : Comme nous l'avons explicité dans la partie précédente, la fécondité chez l'Aigle royal est de loin moins importante pour la dynamique de la population que la survie adulte. Comprendre le fonctionnement des populations d'Aigle passe donc par une bonne connaissance de ces paramètres de survie mais aussi des probabilités de reproduction avec l'âge, du recrutement, de la dispersion... Ceci n'est de fait possible que par un suivi individuel, ce qui veut dire pour l'Aigle un suivi par Capture-Marquage-Relecture.

Application(s) : Captures et baguages des aiglons au nid, effort de relecture des marques sur le long terme dans et à l'extérieur du parc (importance du réseau)

Implique : Acquisition de la technicité du baguage au nid, suivi fin de la reproduction pour baguer au bon âge les poussins, effort de relecture important.

Moyens : Investissement conséquent sur le long terme

Limites : Moyens humains et financiers importants, technicité importante aussi.

II. Valorisation des données et outils d'appui au diagnostic

Pour conclure ce rapport nous développons ici quelques pistes d'exploitation des données issus des suivis menés dans les parcs nationaux sur l'Aigle royal, valorisation soit à vocation opérationnelle, soit à vocation plus de recherche fondamentale. A noter que pour certains objectifs de valorisation un important travail de clarification dans les données sera nécessaire. En particulier un travail de fond par interview des agents assurant les suivis, un retour sur les carnets de terrain etc devra être mené pour mieux ségréger les « non-reproductions » des « incertitudes sur le statut reproducteur ». Il est crucial que les données collectées parfois depuis 50 ans dans les parcs puissent être exploitées et cela pour plusieurs raisons : elles représentent un investissement financier d'argent public considérable et se doivent donc d'être utilisées le plus possible, malgré leurs limites, il n'existe que très peu de données sur des séries aussi longues chez l'Aigle royal sur plusieurs espaces en même temps à ces échelles là et avec ce degré d'investissement, elles ont donc une très forte valeur patrimoniale notamment pour la recherche, enfin la valorisation des données est une étape essentielle de l'animation d'un suivi notamment pour motiver les agents à la poursuivre avec une forte rigueur.

1. Pôle d'attractivité de reproductions : la méthode des Kernels

Cette méthode est régulièrement utilisée dans l'estimation des domaines vitaux (Worton, 1989). Elle permet d'identifier visuellement des différences d'intensité d'utilisation d'un espace. En effet, le paramétrage de cette méthode sur les localisations géographiques des aires de reproduction permet d'apprécier les grands pôles d'attractivité des événements de reproduction passés. En faisant varier la projection des données par « toutes les aires avec succès », ou bien par exemple « toutes les aires avec échec », on peut ainsi davantage préciser l'information que l'on cherche à distinguer visuellement.

L'exemple ci-dessous, issu des données du Parc national de la Vanoise, a intégré l'ensemble des données de localisation d'aires de reproduction. Il y a plus de 730 points utilisés pour calculer les kernels projetés sur la carte. Seulement nous ne pouvons visuellement en dénombrer que 200, correspondant à la totalité des aires de reproduction connues. L'analyse consiste à joindre à chaque événement de reproduction inclus dans la BDD (environ 730), sa localisation géographique correspondante à l'aire de reproduction utilisée. C'est ainsi que les aires les plus représentées dans les données, c'est-à-dire celles les plus utilisées, auront une densité plus importante et seront ici révélées par l'utilisation de la méthode des kernels.

Cette modélisation a pour utilité première la représentation graphique spatialisée de l'activité passée de reproduction. Il est méthodologiquement peu robuste mais se veut être utile visuellement. Il peut par exemple guider dans la recherche des prochaines reproductions. Il y a une forte probabilité que l'activité de reproduction future s'exerce sur les zones identifiées. Il peut aussi servir à identifier les zones à fort enjeux de conservation (car fréquemment utilisées pour la reproduction) et pourrait être croisé avec une cartographie des pressions par exemple. Ce travail pourrait être facilement mené dans chaque parc, les données étant toutes disponibles.

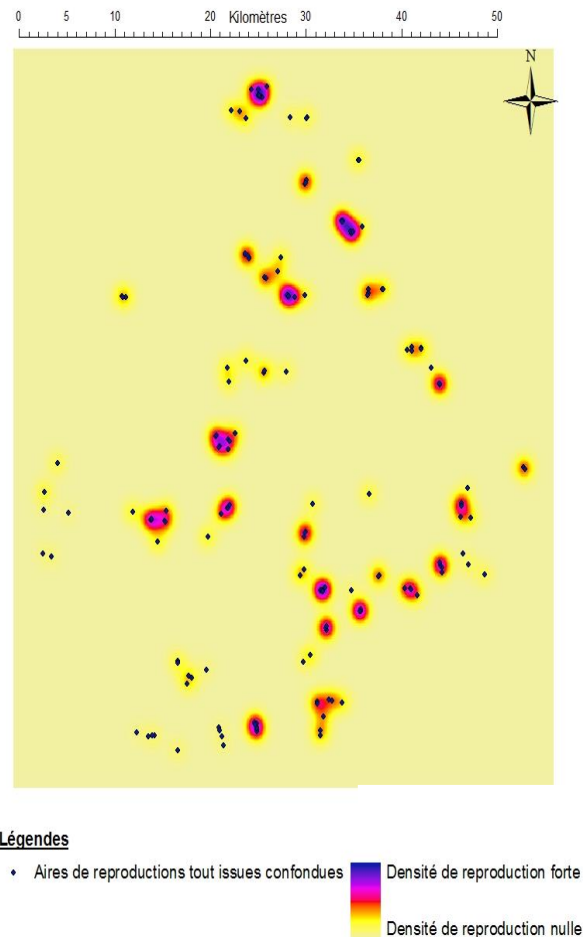


Figure 11 : Pôles d'attractivité de reproduction passée du Parc national de la Vanoise.

2. Modélisation des niches écologiques

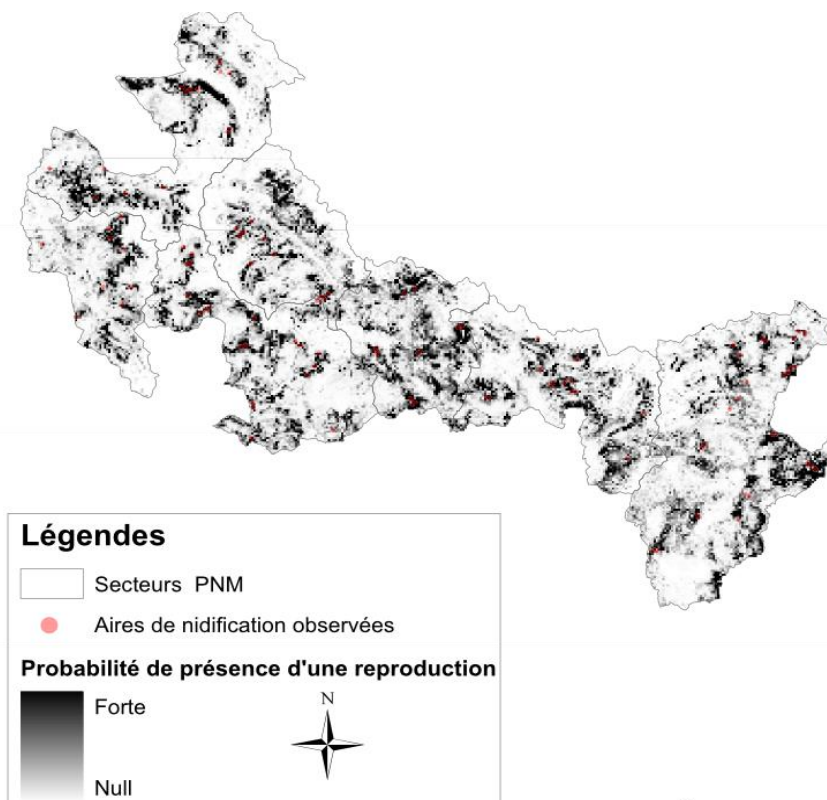


Figure 12: Modélisation de la probabilité de présence d'une aire de reproduction d'Aigle royal dans le Parc national du Mercantour

La modélisation de niche en écologie est un outil récent en statistique prédictive. Il existe plusieurs méthodes et nous avons utilisé ici, pour illustration, l'Ecological Niche Factor Analysis (Hirzel et al. 2002). L'ENFA est une méthode multivariée utilisant des localisations géographiques d'une espèce, d'un individu ou d'une population et se base sur le concept multidimensionnel de niche écologique d'Hutchinson.

Sur la Figure

12, nous apercevons un ensemble de points rouges correspondant aux localisations exactes des aires de reproduction connues. Nous disposons aussi d'une importante quantité de variables environnementales rastérisées (habitats, climats, distance à la route, etc...) couvrant l'intégralité du périmètre administratif du PNM. Le modèle va évaluer la totalité de l'information environnementale correspondante à la localisation des aires de reproduction et dégager la probabilité de rencontrer les mêmes conditions sur l'ensemble du territoire. Nous obtenons ainsi une cartographie de distribution potentielle ici d'aires de reproduction de l'aigle royal sur le territoire du parc. Les zones en noir représentent une forte probabilité de présence, les zones en blanc une probabilité nulle de présence. Il est intéressant de noter que lors d'une visite au Parc national du Mercantour, un agent a situé deux aires de reproduction récemment rencontrées sur les zones de forte probabilité de rencontrer une aire de reproduction. Cette anecdote nous conforte quant à la pertinence d'une telle cartographie puisque ces deux aires n'étaient pas intégrées au paramétrage initial du modèle. Ce type de cartographie pourrait être utilisé pour orienter les prospections à la recherche d'aires de reproduction, guider aussi dans la définition de ZSM a priori mais aussi servir pour le monde de la recherche (organisation spatiale des aires en fonction des habitats, des compétiteurs, des pressions anthropiques, de la ressource, évolution en fonction changement climatique...si tant est que les couches SIG soient disponibles pour ces facteurs).

Tous les PN pourraient communément s'organiser pour encadrer un stage de Master pour traiter l'intégralité des données spatiales de localisation d'aires de reproduction. Néanmoins il est indispensable d'avoir des données environnementales suffisamment fines. Ce qui n'est pas le cas pour tous les parcs nationaux.

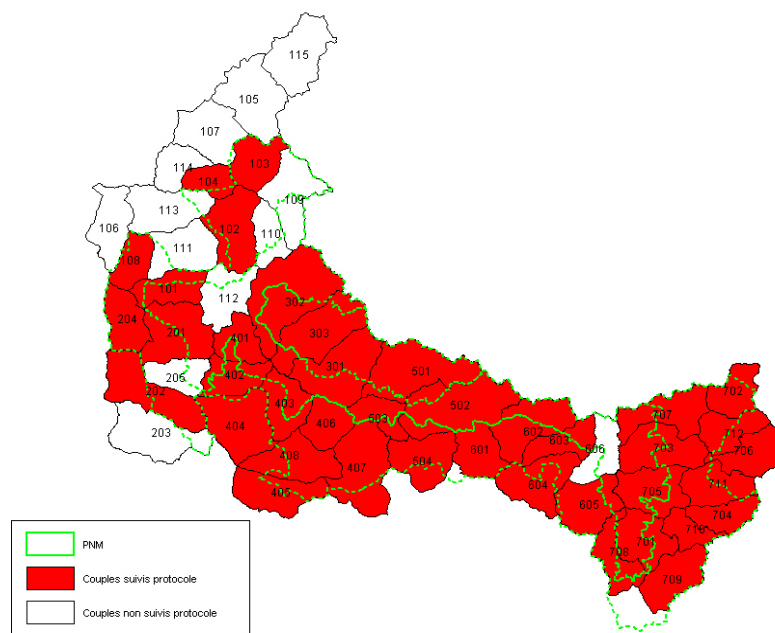


Figure 13: Territoire d'Aigles royaux du Parc national du Mercantour définis à dire d'expert. Source : PNM

3. Délimitation des territoires et dynamique spatio-temporelle des territoires

Le matériel nécessaire aux divers protocoles décrit ci-dessus met en avant la nécessité de connaître le nombre, la disposition et l'étendue des territoires d'Aigles royaux. Ceci est un travail difficile qui n'a que très rarement été entrepris sur le terrain. Nous avons exploré dans le cadre du stage une méthode purement mathématique qui se nomme méthode des polygones de Voronoï. Pour se faire nous devons tout de même disposer des localisations spatiales des aires de reproduction. Méthodologie :

1. Déterminer le barycentre des polygones formés par toutes les aires de reproduction appartenant à chaque couple. Nous déterminons ainsi un centre « approximatif » (où centroïde) de territoire sur lequel nous basons l'étape n°2.

2. Nous partons de l'hypothèse crédible d'un fort comportement d'exclusion (Watson, 1997) intraspécifique. Il n'y a donc pas de superposition des territoires entre eux. Nous appliquons alors la méthode des polygones de Voronoï sur ce nouveaux semis de point. Chaque polygone (cellule) contient un seul point. On divise ainsi l'espace à travers la distance et la répartition des points entre eux. Les cellules en bordure ont des tailles plus importantes, ce qui constitue un problème majeur de crédibilité biologique.

3. Nous contraignons alors les polygones à un rayon maximal définis par le domaine vital moyen d'un aigle extrait de la bibliographie.

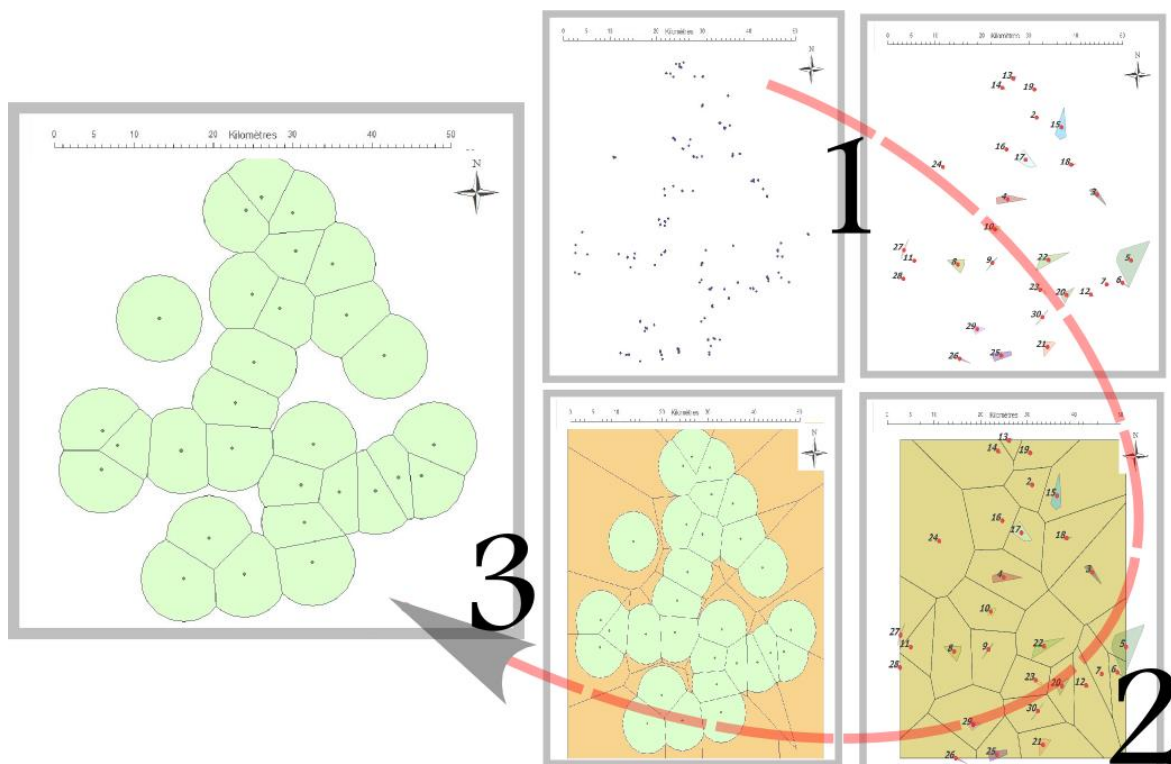


Figure 14: Méthodologie de modélisation approximative d'un territoire d'Aigle royal

Ce travail très préliminaire nous semble très porteur. Il pourrait par exemple être utilisé par les parcs pour mieux comprendre le lien entre les différentes aires, corriger d'éventuelles erreurs...bien entendu ce travail est pour le moment très grossier et un travail supplémentaire combinant par exemple cette démarche avec des informations sur le relief pourrait affiner les conclusions. Ce type de travail pourrait aussi être utile pour le monde de la recherche pour comprendre la dynamique spatio-temporelle de la (re)colonisation des parcs en explorant l'agencement des territoires au cours du temps et en faisant là encore le lien avec le relief ou des couches SIG d'habitat.

4. Déterminants de la fécondité et dynamique de la population

Enfin à partir des données de reproduction disponibles (au prix d'un « toilettage » surement important), de nombreux travaux pourraient être menés pour mieux comprendre la dynamique des populations d'Aigle en phase de recolonisation. Il serait trop long de détailler ici toutes les pistes mais par exemple des travaux sur la densité-dépendance, sur l'hétérogénéité spatiale et temporelle de la fécondité en lien avec la recolonisation, avec les habitats, un lien entre succès/échec de reproduction et stabilité des aires, sur l'impact du climat sur les succès de reproduction etc pourraient être menés à des échelles temporelles et spatiales rarement disponibles sur une telle espèce.

IV. Remerciements

Un grand merci à **Nicolas Juillet**, chargé de mission des affaires scientifiques de PNF et à l'initiative de cette étude, pour m'avoir fait confiance sur ce dossier.

Merci à **Gilles Landrieu** de nous avoir fait confiance, d'avoir été patient et de soutenir jusqu'à maintenant et encore demain cette dynamique d'effcience scientifique dans les Parcs Nationaux Français.

Ce travail n'aurait jamais été possible sans la totale participation des cinq **Parcs Nationaux de France**.

Merci au **Parc national des Pyrénées** et plus particulièrement à **Linda Rieu**, **Eric Sourp** et **l'équipe du secteur d'Ossau** pour m'avoir accueilli durant 4 jours.

Merci au **Parc national des Cévennes** et plus particulièrement à **Jimmy Grandadam**.

Merci au **Parc national de la Vanoise** et plus particulièrement à **Michaël Delorme et Véronique Plaige** d'avoir été présents et actifs dès le début de mon stage.

Merci au **Parc national du Mercantour** et plus particulièrement à **Monique Perfus et Alain Morand** de nous avoir offert l'opportunité d'une évaluation méthodologique complète.

Merci au **Parc national des Ecrins** et plus particulièrement à **Christian Couloumy, Gilles Farny et Richard Bonet** pour leur sympathie et leur accueil.

V. Bibliographies

- Bellwood P.** (2005). *First Farmers: The Origins of Agricultural Societies*. Blackwell Publishers, 360p.
- Bull J., Farrand Jr,** (1987). *Audubon Society Guide to North American Birds: Eastern Region*, New York, Knopf A.A., p. 468-9
- Brown L.**, (1976) *Birds of Prey: Their biology and ecology*, Hamlyn, p.226
- Chambre d'Agriculture**, (2010). *Agriculture et montagne une relation à haute valeur ajoutée*, [Dossier]. Consulté le 02/09/2013. http://www.chambresagriculture.fr/fileadmin/user_upload/thematiques/Agir_sur_les_territoires/Montagne/990_montagne_DOSSIER.PDF.
- Charles-Bajard S.** (2004). *Les modèles matriciels de type Leslie*, Mémoire pour l'Obtention à Diriger des Recherches, Université Claude-Bernard Lyon I, 183 p.
- Clouet. M & les observateurs de Saiak**, (2013) *Une année exceptionnelle pour la reproduction de l'Aigle royal à l'extrémité occidentale des Pyrénées*. [Article] Consulté le 31/01/2014. <http://saiak.com/files/2013/09/aigle-royal-pays-basque-2013.pdf>
- Estrade J.R., Baudry J., Bonny S., Deverre C., Doussan I., Fleury P., Hance T., Plantureux S.** (2008). *L'insertion de la biodiversité dans les systèmes de production agricoles*. ESCo « Agriculture et Biodiversité », chapitre 3, 85 p
- Fasce P., Fasce L., Villers A., Bergese F. & Bretagnolle V.** (2011). Long term breeding demography and density dependence in an increasing population of Golden Eagles *Aquila chrysaetos*, *Ibis*, 153 (3): 581-591.
- Haworth P.F., Mc grady M.J., Whitfield D.P., Fielding A.H., & Mc Leod D.R.A.** (2006). Ranging distance of resident Golden Eagles *Aquila chrysaetos* in western Scotland

- according to season and breeding status: Capsule Home-range of resident pairs of Golden Eagle was usually smaller during a successful breeding season than during winter and during an unsuccessful breeding season. *Bird Study*, 53:3, 265-273.
- Hirzel A.H., Hausser J., Chessel D., Perrin.** (2002). Ecological-Niche Factor Analysis: how to compute habitat-suitability maps without absence data? *Ecology*, 83(7), 2027-2036.
- Jailloux A.** (2010). Les suivis dans les Parcs Nationaux Français, une contribution originale pour l'évaluation de la biodiversité? Sous la direction d'Aurélien Besnard, Maitre de conférences de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes, 58 p.
- Jenouvrier. S** (2001). Application des concepts de la biologie de la conservation au suivi de la population d'Aigles royaux du Mercantour. Mémoire de stage de maîtrise de la biologie des populations et des écosystèmes. Sous la direction de François Sarrazin, Université Paris VI.
- Kaisanlahti-Jokimäki M-L., Jokimäki J., Huhta E., Ukkola M., Helle P. & Ollila T.** (2008). Territory occupancy and breeding success of the Golden Eagle (*Aquila chrysaetos*) around tourist destinations in northern Finland. *Ornis Fennica*, 85(2), 2-12.
- Kochert M.N & Steenhof K.** (2012). Frequency of nest use by golden eagle in southwestern Idaho. *Journal Of Raptor Research*, 46 (3): 239-247
- Kruger O. & Lindström J.** (2001) Habitat heterogeneity affects population growth in goshawk *Accipiter gentilis*, *Journal of Animal Ecology*, 70, 173-181.
- Mc Intyre C.L., Collopy M.W., Kidd J.G., Stickney A.A., Paynter J.** (2006a). Characteristics of the landscape surrounding Golden eagle nest site in Denali National Park and preserve, Alaska. *Journal Of Raptor Research*, 40(1), 46-51.
- Mc Intyre C.L., Collopy M.W., Lindberg M.S.** (2006b). Survival Probability and Mortality of Migratory Juvenile Golden Eagles from Interior Alaska. *Journal of Wildlife Management*, 70(3), 717-722.
- Pedrini P. & Sergio F.** (2001) a. Golden eagle *Aquila chrysaetos* density and productivity in relation to land abandonment and forest expansion in the Alps. *Bird Study*, 48, 194–199.
- Pedrini P. & Sergio F.** (2001) b. Density, productivity, diet, and human persecution of Golden eagles (*Aquila chrysaetos*) in the central eastern Italian Alps. *J. Raptor Res*, 35, 40–48.

- PARC NATIONAL DE FRANCE** – *Contrat d'objectifs 2012-2014*, [COB-PNF 2012-2014], *Téléchargements*, [En ligne], consulté le 13 décembre 2013. <http://www.parcsnationaux.fr/Acces-direct/Telechargements>.
- PARC NATIONAL DE FRANCE**, Adrien Jailloux, Compte-rendu Groupe de Travail Scientifique 19 février 2014.
- R Core Team** (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>
- Ricau B & Decorde V.** (Groupe Rapaces), (2009).-*L'Aigle royal, biologie, histoire et conservation, situation dans le massif central*. Biotope, Mèze (Collection Parthénopé), 320 p.
- Rodenhouse N.L., Sherry T.W., Holmes R.T.** (1997). Site-dependent regulation of population size: a new synthesis. *Ecology*, 78(7), 2025-2042
- Sergio F., Pedrini P., Rizzolli F., Marchesi L.** (2006). Adaptive range selection by golden eagles in a changing landscape: A multiple modeling approach. *Biological Conservation*, 133, 32-41.
- Soutullo A., Urios V., Ferrer M., & López-López P.** (2008) Habitat use by juvenile Golden Eagles *Aquila chrysaetos* in Spain: Capsule Dispersing juvenile Golden Eagles are habitat generalists that do not regularly use temporary settlements. *Bird Study*, 55(2), 236-240
- Steenhof K. & Newton I.** (1987). *Assessing raptor reproductive success and productivity*, Raptor management techniques manual. National Wildlife Federation, Washington, D.C. 157-170 p
- Steenhof K., Kochert M.N., McDonald L.** (1997). Interactive effects of prey and weather on Golden eagle reproduction. *Journal of animal ecology*, 66, 350-362
- Stubben, C.J. and Milligan, B.G.** (2007). Estimating and Analyzing Demographic Models. Using the popbio Package in R. *Journal of Statistical Software* 22:11.
- Takeuchi T., Shiraki S., Nashimoto M., Matsuki R., Abe S., Yatake H.** (2006) Regional and temporal variations in prey selected by Golden Eagles *Aquila chrysaetos* during the nestling period in Japan. *Ibis*, 148, 79-87.
- Tapia L., Dominguez J., Rodriguez L.** (2008). Habitat preferences of raptors in a mountainous area northwestern Spain. *Polish Journal Ecology*, 56(2), 323-333.

- Tapia L., Dominguez J., Rodriguez L.** (2008). Modelling habitat preferences by raptors in two areas of northwestern Spain using different scales and survey techniques. *Vie et milieu*, 58(3/4), 257-262
- Tapia L., Dominguez J., Rodriguez L.** (2007). Modelling habitat use and distribution of golden eagles *Aquila chrysaetos* in a low-density area of the Iberian Peninsula. *Biodiversity Conservation*, 16, 3559-3574.
- Thiollay J.M. & Bretagnolle V.** (2004). Les rapaces nicheurs de France : Distribution, effectifs et conservation. Delachaux & Niestlé, Paris, 176 p.
- Watson J.** (1992). Golden Eagle *Aquila chrysaetos* breeding success and afforestation in Argyll. *Bird Study*, 39, 203–206.
- Watson J.** (1997), *The Golden Eagle*, T and AD Poyser, London, UK.
- Whitfield D.P, Mc Leod D.R.A, Fielding A.H., Broad R.A, Evans R.J., & Haworth P.F.** (2001). The effects of forestry on Golden Eagles on the island of Mull, Western Scotland. *Journal of Animal Ecology*, 38, 1208-1220.
- Whitfield D.P., Fielding A.H., Mc Leod D.R.A. & Haworth P.F.** (2004). Modelling effects of persecution on population dynamics of Golden eagles in Scotland. *Biological conservation*, 119, 319-333.
- Yoccoz G.N., Gaillard J.M.** (sous presse). Analyse des données récoltées sur la population d'Aigle royal du Parc national des Ecrins et propositions concernant le suivi de cette population.
- Williams B.K., Nichols J.D., Conroy M.J.**, 2002. Analysis and management of animal populations. Academic Press, San Diego, California, USA, 1040 p.
- Worton B. J.** (1989). Kernel methods for estimating the utilization distribution in home range studies. *Ecology*, 70 (1), 164-168