

Bâtir le Paysage Biologique et celui des Menaces: une approche pas à pas

Planifier pour le succès des projets de conservation

La réussite de la conservation implique de considérer l'ensemble complexe des facteurs biologiques, économiques et sociaux influençant l'intégrité écologique d'une région, puis de focaliser les efforts de conservation sur les activités qui auront le meilleur impact sur les populations animales et leurs habitats. Cela nécessite d'avoir une compréhension claire, non seulement des besoins écologiques des espèces, mais également des activités humaines qui les touchent.

L'Approche Paysages Vivants développée par le Programme Paysages Vivants de WCS fournit un cadre cohérent et les outils pratiques nécessaires pour orienter la conservation in situ en se basant sur les besoins des espèces dans des paysages étendus sous influence humaine (Sanderson et al. 2002). Ce processus pas à pas pour planifier et mettre en œuvre les activités de conservation comprend : (1) des modèles conceptuels pour définir clairement les objectifs d'un programme, (*voir Manuel Technique PPV 2*) ; (2) une approche participative pour établir des priorités et cartographier les activités humaines menaçant les paysages et leurs espèces (*voir Manuel Technique PPV 1*) ; (3) un processus objectif et transparent pour sélectionner une série d'espèces cibles complémentaires qui, si elles sont conservées, aideront à protéger toute la biodiversité abritée sous cette « canopée de conservation » (espèces-paysage, voir Coppolillo et al. 2004 et *Manuel Technique PPV 5*) ; (4) des procédures pour cartographier la qualité de l'habitat des espèces-paysage ainsi que l'impact des menaces d'origine humaine sur cette qualité (ce manuel) ; (5) des directives pour créer un « Paysage de Conservation » afin de cibler spatialement les activités de conservation ; (6) un processus participatif pour établir des priorités et planifier les interventions de façon stratégique ; et (7) des directives pour développer des cadres de suivi efficaces (*voir Manuel Technique PPV 3*).



© Michale Glennon/WCS

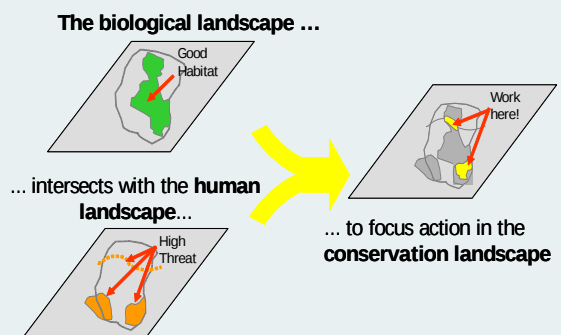
Ce manuel constitue un guide pour bâtir le Paysage Biologique et celui des Menaces (Etape 4 ci-dessus). Bien que les principes présentés soient susceptibles d'intéresser tous les conservationnistes, leur utilité sera améliorée après avoir : (1) lu les descriptions de l'approche espèce-paysage, disponibles sur le site du PPV et (2) sélectionné des espèces-paysage et identifié les activités humaines majeures menaçant la faune dans le paysage (étapes 2 et 3 ci-dessus).

Figure 1. La superposition conceptuelle des paysages humain et biologique.

Le **Paysage Biologique** (Bon habitat)...

...est superposé au **Paysage Humain** (Menace élevée)...

...pour décider des actions dans le **Paysage de Conservation**. (Travaillez ici!)



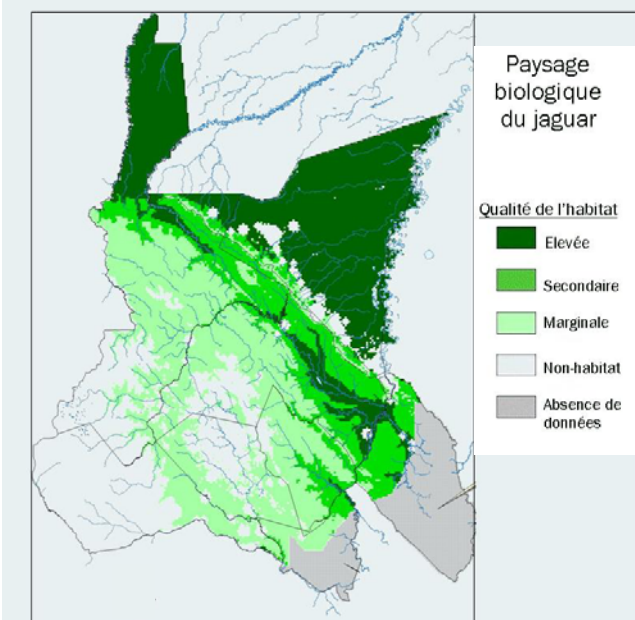
La création du Paysage Biologique et de celui des Menaces a trois objectifs immédiats : (1) montrer où sont les meilleurs habitats pour chaque espèce-paysage ; (2) montrer la localisation des menaces d'origine humaine importantes et la gravité de leur impact sur les espèces ; et (3) utiliser le Paysage Biologique et celui des Menaces pour créer un Paysage de Conservation – carte explicite des priorités de conservation (*voir Figure 1*). Ce manuel traite de la création des Paysages Biologiques et des Menaces. Les directives de création du Paysage de Conservation, de choix des objectifs de population et de direction des interventions seront détaillées dans les prochains manuels techniques et bulletins.

Partie I. Présentation

Qu'est-ce qu'un Paysage Biologique?

Les Paysages Biologiques sont des cartes de distribution des espèces-paysage (cibles de conservation). Ce sont typiquement des cartes de « qualité des habitats »¹ donnant la capacité des sites à abriter une espèce pendant tout son cycle de vie.

Figure 2. Un Paysage Biologique classique, montrant la qualité potentielle de l'habitat pour les jaguars dans le paysage de Madidi en Bolivie.



¹ Remarquer que certains préfèrent d'autres termes ou concepts proches, tels qu'efficacité de l'habitat, adéquation de l'habitat, capacité de l'habitat etc. Nous recommandons de ne pas se focaliser sur la terminologie employée.

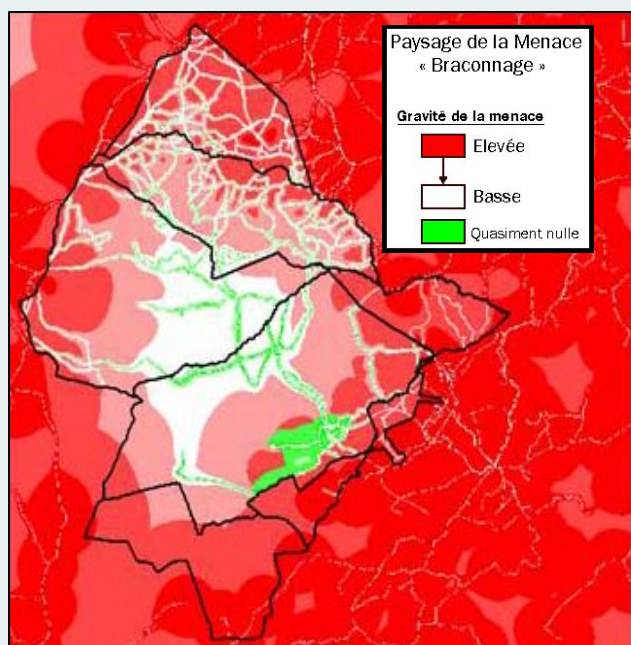
Ces cartes de qualité des habitats sont destinées à refléter les abondances des espèces – les zones ayant une bonne qualité d'habitat auront des abondances fortes, celles de mauvaise qualité auront des abondances faibles. Toutefois, il faut garder à l'esprit le fait qu'une carte précise de la qualité de l'habitat ne reflète pas nécessairement les abondances réelles des animaux. Par exemple, des habitats de bonne qualité qui pourraient théoriquement abriter beaucoup d'animaux n'en ont parfois en réalité que très peu. Deux raisons courantes à cela sont la « dynamique source-puits » et les « décalages temporels » (*voir Leçons apprises 1*).

Bien que le Paysage Biologique soit typiquement une carte de la distribution potentielle des espèces en l'absence de menaces d'origine humaine (*voir Figure 2*), il s'est souvent révélé utile de faire plusieurs versions de ces cartes de distribution, avec les distributions actuelles et futures (*voir Leçons apprises 3*).

Qu'est-ce qu'un Paysage des Menaces ?

Les Paysages des Menaces sont des cartes des activités humaines touchant les espèces-paysage. On dessine ces cartes des menaces indépendamment de leur impact sur les espèces – en représentant la gravité relative de la menace selon les lieux. La carte de gravité générale est ensuite translatée sur des cartes par espèce, pour obtenir des cartes d'impact relatif (par exemple, le braconnage a un fort impact sur les éléphants, mais pas sur les passe-reaux). Dans la majorité des cas, le pattern spatial de l'impact des menaces est pratiquement le même pour toutes les espèces (les zones favorables et défavorables sont les mêmes pour toutes les espèces). Pour certaines menaces cependant, il est nécessaire de faire des cartes complètement différentes pour chaque espèce (par exemple, pour les éléphants, la pression de chasse peut être forte sur un site, tandis qu'elle est forte ailleurs pour d'autres espèces).

Figure 3. Un Paysage des Menaces classique, présentant les patrons de braconnage dans le paysage de Rungwa-Ruaha en Tanzanie.



Si les Paysages Biologiques reflètent les patrons d'abondance animale, ceux des menaces devraient refléter la façon dont les menaces *réduisent* l'abondance des animaux. En d'autres termes, les zones de forte menace ont connu ou vont connaître de fortes diminutions d'abondance, tandis que celles de faibles menaces ont connu ou vont connaître des diminutions peu importantes. Toutefois, il ne faut pas oublier que la gravité des menaces sur le papier ne reflète pas nécessairement les déclinés réels sur le terrain. Par exemple, les zones de faibles menaces peuvent connaître de forts déclinés du fait d'une menace localisée ailleurs. Les problèmes de dynamique source-puits et de décalages temporels existent aussi lorsqu'on construit le Paysage des Menaces (*voir Leçons apprises 1*). On distingue parfois les menaces passées et futures (*voir Leçons apprises 3*).

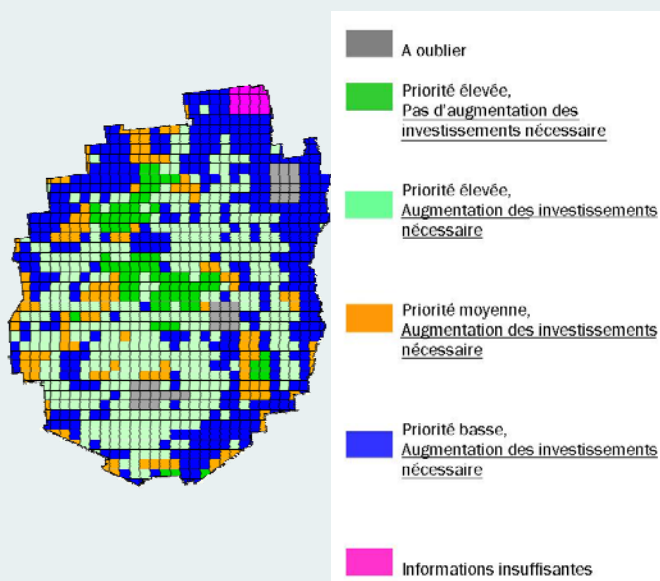


© Karl Didier/WCS

Qu'est-ce qu'un Paysage de Conservation ?

La façon de bâtir un Paysage de Conservation ne sera pas décrite en détails ici, mais il est cependant utile de savoir à quoi il ressemble et comment les Paysages Biologiques et des Menaces influencent sa construction. Simplement énoncé, un Paysage de Conservation est une carte annotée des priorités de conservation. Il présente les sites constituant des priorités fortes d'investissements en temps et en financements, ceux qui sont des priorités moindres, les sites déjà protégés et ceux non concernés (tels que les villes) ayant peu de valeur pour la conservation (*voir Figure 4*). Il peut également être annoté pour caractériser les actions de conservation qui seront menées le cas échéant sur des sites donnés.

Figure 4. Exemple hypothétique d'un Paysage de Conservation dans les Adirondacks.

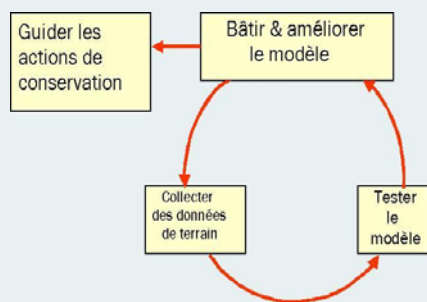


Les Paysages Biologique et ceux des Menaces peuvent être combinés pour savoir où les actions de conservation auront l'impact le plus fort. Par exemple, les sites ayant un fort potentiel de qualité d'habitat et des menaces élevées sont ceux où l'on pourrait préserver beaucoup d'animaux en augmentant leurs populations ou en empêchant des pertes futures.

Bien entendu, les sites où l'on *pourrait* avoir un fort impact ne sont pas nécessairement ceux que l'on désire conserver. Que faire si une menace sur un site est extrêmement difficile à éliminer ou à renverser (par exemple la conversion en terrains agricoles), même si elle cause de fortes réductions des populations animales ? Que faire si les populations locales sont farouchement opposées à la conservation ? Lorsque l'on prend des décisions sur les priorités de conservation, le coût potentiel d'une action est aussi important que son impact potentiel.

Le Manuel Technique sur la création des paysages de conservation propose une discussion détaillée de la façon d'utiliser les paysages biologique et des menaces, ainsi que d'autres informations utiles, pour décider des sites où il faut agir.

Figure 5. Modéliser dans le cadre de la gestion adaptative.



Partie II. Contexte des modèles

Les paysages biologique et des menaces sont des modèles spatiaux – ils représentent la distribution spatiale (localisation et quantité) des objets. Ce manuel est conçu principalement pour quelqu'un qui ne connaît pas la modélisation spatiale et est un guide logique pour le processus de construction des paysages. Bien que nous ayons tenté de rendre ce processus aussi logique que possible, il ne faut pas le considérer comme aisé, rapide, ni même *réellement* terminé. Il faut essayer de le considérer comme équivalent à un cadre de gestion adaptative, où le modèle représente la compréhension actuelle (une hypothèse), continuellement testée et améliorée avec des informations nouvelles. Bien que les modèles soient *toujours* des simplifications et soient *toujours* imparfaits, ils sont cependant utiles car ils permettent de guider les actions de conservation à partir des connaissances disponibles les meilleures, même si elles sont incomplètes.

Leçons apprises 1

Où l'on regrette de ne pas étudier les bactéries ou les plantes

Des années d'études des grandes espèces ont appris aux écologues qu'il est beaucoup plus difficile de comprendre et de prédire la dynamique des populations de grandes espèces à longévité élevée, telles que les éléphants ou les ours, que celle des espèces à courte espérance de vie comme les bactéries. Une vie longue et un grand corps provoquent des décalages de temps, ce qui signifie que les causes et leurs conséquences ne sont pas synchronisées. Par exemple, pour beaucoup de grands animaux comme les éléphants, les périodes de faible productivité alimentaire ne provoquent pas de forts taux de mortalité, mais une reproduction réduite et une maturité sexuelle retardée. L'impact d'une réduction de la qualité de l'habitat sur les abondances peut être indétectable pendant des décennies, jusqu'à ce que beaucoup des éléphants âgés meurent et que l'on constate qu'il n'y a pas assez de jeunes pour les remplacer. La population humaine mondiale connaît le même phénomène actuellement – les taux de natalité diminuent, mais la population totale continue d'augmenter.

Un autre problème lié aux grandes espèces, par opposition aux plantes, est dû au fait qu'elles se déplacent, et donc que causes et conséquences peuvent avoir des localisations différentes. Cela provoque une complexité ennuyeuse (pour le modélisateur spatial au moins), avec par exemple la dynamique source-puits. Le cas des ours dans la région de Lake Tahoe au Nevada et en Utah (USA - Beckmann et Berger 2003) est exemplaire. Les personnes qui laissent leurs poubelles ouvertes en ville incitent les ours des forêts naturelles à quitter leur habitat optimal (la source) pour aller passer une nuit en ville (le puits), où ils sont abattus ou tués par des voitures.

Ces situations – dans lesquelles la menace a lieu à un endroit ou une époque, mais son impact sur la population est sensible ailleurs ou plus tard – sont suffisantes pour effrayer le modélisateur spatial. Nous commençons juste à savoir comment tenir compte de telles complexités, mais il reste un long chemin à parcourir. En l'état actuel, nous recommandons de privilégier la simplicité – estimer que la qualité de l'habitat (et ses changements d'origine humaine) sera étroitement corrélée à l'abondance des animaux (et à ses changements) sur les cartes. Il faut cependant reconnaître que la qualité des habitats et l'abondance (ainsi que les menaces et les déclinés de population) ne sont pas toujours bien corrélées, au moins immédiatement dans le temps et dans l'espace. Ne pas oublier non plus que si l'on se focalise sur l'amélioration de l'habitat ou sur la lutte contre une dégradation accrue, les populations animales finiront par suivre.

Pour d'autres d'informations, voir Van Horne (1983) et Pulliam (1988).

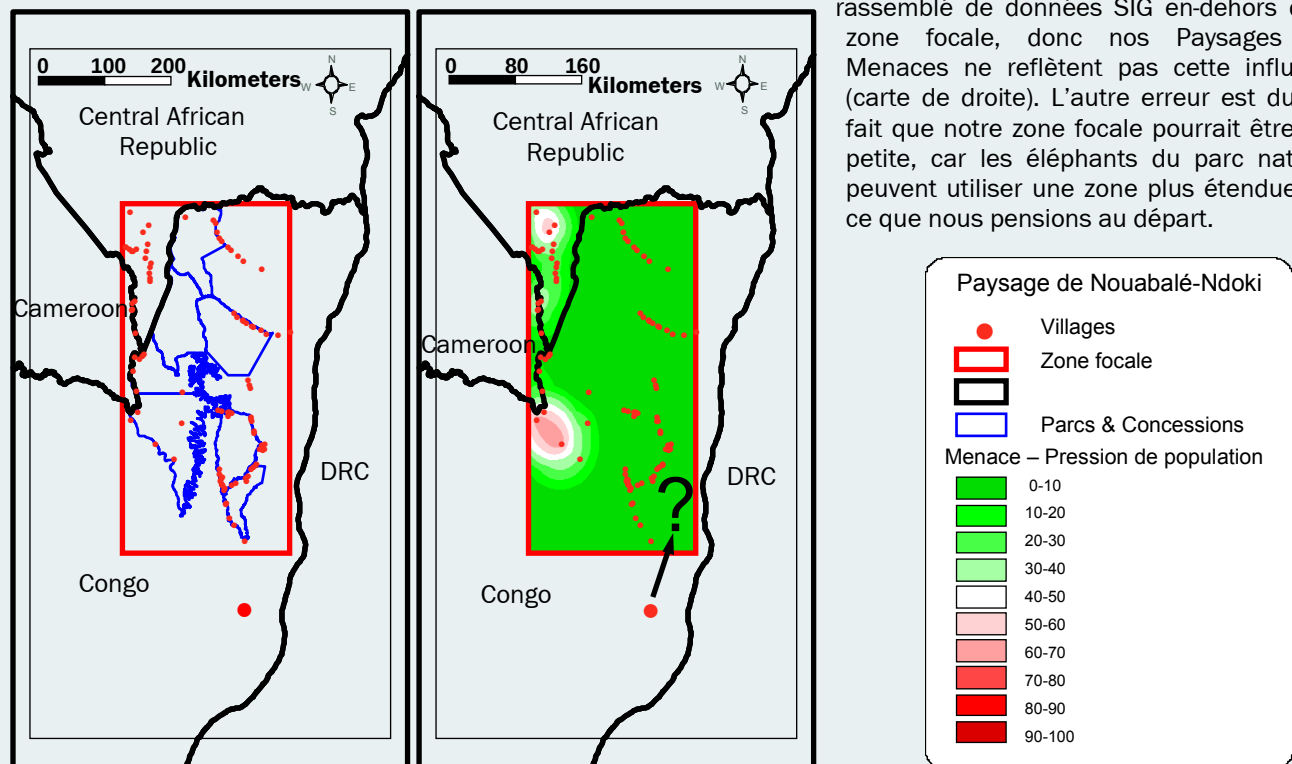
Pour nos objectifs, il existe deux types de modèles spatiaux. Les **modèles empiriques** (ou modèles statistiques) sont créés à partir d'observations de terrain, collectées de préférence selon un protocole statistique rigoureux. Les données peuvent provenir (1) d'études pour estimer les abondances (d'animaux, de pêcheurs) ou les indices d'abondance (par exemple comptages de fèces, enquêtes d'opinion), (2) de suivis d'animaux (par exemple télémétrie), ou (3) d'études démographiques ou comportementales, etc. L'association entre ces données et des variables explicatives (par exemple types de végétation, pluviométrie) est examinée, typiquement à l'aide de techniques statistiques telles que régressions linéaires, afin de produire un modèle prédisant la distribution spatiale des objets d'étude.

Les **modèles basés sur des informations générales** (ou modèles experts) ne sont pas créés directement à partir d'observation traitées statistiquement, mais d'informations plus générales telles que (1) littérature (souvent traitant d'autres sites), (2) descriptions qualitative des utilisations d'habitat ou de la gravité des menaces, (3) expérience ou opinion générales des chercheurs ou, dans leur forme la plus simple, (4) connaissances et principes écologiques connus de longue date (par exemple, les espèces de grande taille ont des domaines vitaux plus étendus). On utilise typiquement ces modèles lorsque l'on ne dispose pas de bonnes données d'observation directe pouvant être traitées avec des outils statistiques rigoureux, comme c'est souvent le cas avec la faune et ses menaces. Ces modèles doivent être vus comme des hypothèses qui seront testées dans le futur avec davantage de données de terrain et d'expérience.

Leçons apprises 2

Choisir la zone focale

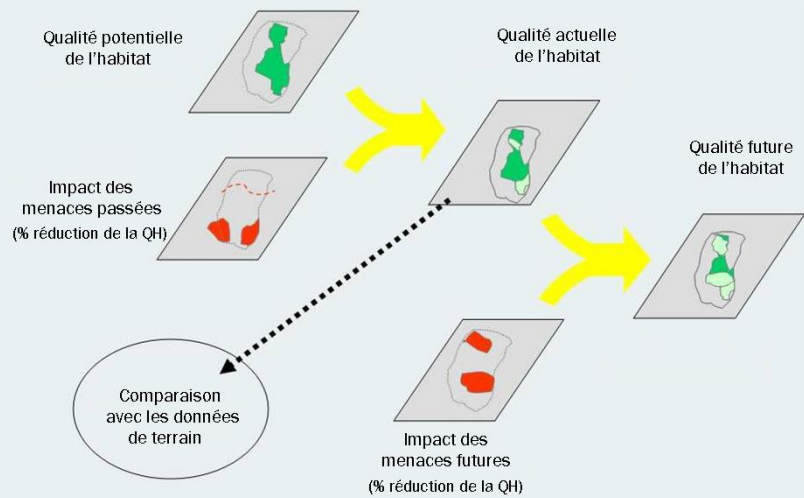
Dans le Paysage de Nouabalé-Ndoki au nord-est de la République du Congo, les activités de conservation visaient historiquement le parc national et les concessions forestières adjacentes (carte de gauche). Lors de la préparation des paysages biologiques et humains, nous avons décidé d'inclure une zone supplémentaire car nous pensions que cet habitat était important pour les populations animales du parc national. Nous avons placé les limites de notre zone focale en nous basant sur les zones où nous pensions que les éléphants du parc (l'espèce faisant les déplacements les plus importants) pouvaient aller, en incluant des habitats dans deux autres pays. Nous avons ensuite collecté des données SIG pour cette région. Rétrospectivement, nous avons fait deux petites erreurs. Tout d'abord, l'influence des populations humaines au-delà des limites de la zone focale est importante. Les chasseurs d'un grand village au sud de la zone focale font de grands déplacements pour chasser dans la zone focale. Malheureusement, nous n'avons pas rassemblé de données SIG en-dehors de la zone focale, donc nos Paysages des Menaces ne reflètent pas cette influence (carte de droite). L'autre erreur est due au fait que notre zone focale pourrait être trop petite, car les éléphants du parc national peuvent utiliser une zone plus étendue que ce que nous pensions au départ.



Leçons apprises 3

Séparer les impacts des menaces actuelles et futures

Dans les Adirondacks (ci-dessous) et dans la Réserve de Biosphère Maya, nous avons décidé de séparer les menaces actuelles et futures. La distribution spatiale de certaines menaces est clairement différente dans le futur et dans le passé (par exemple pour le développement dans les Adirondacks). Contrairement à notre idée initiale, séparer les menaces passées et futures n'a demandé que très peu de travail supplémentaire. En séparant les menaces, nous avons pu superposer le Paysage Biologique Potentiel avec le Paysage des Menaces passées pour obtenir un Paysage Biologique actuel, évaluer les abondances actuelles et comparer les estimations modélisées de la distribution et de l'abondance avec les données de terrain. Dans certains cas, il était clair que les actions de conservation visant à restaurer les populations d'espèces-paysage auraient lieu dans des sites très différents de ceux des actions visant à empêcher de futurs déclin.

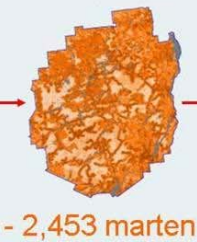


Qualité potentielle de l'habitat

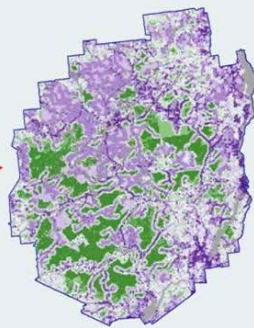


4,761 marten

Impact des menaces passées

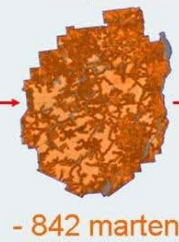


Qualité actuelle de l'habitat

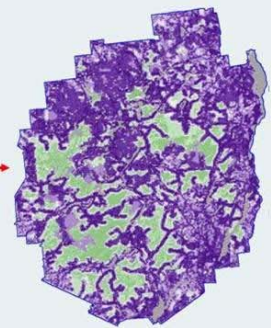


2,284 marten

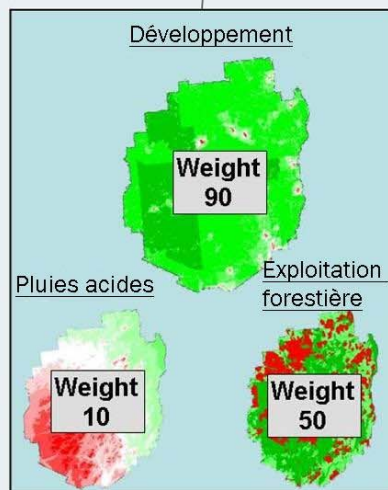
Impact des menaces futures



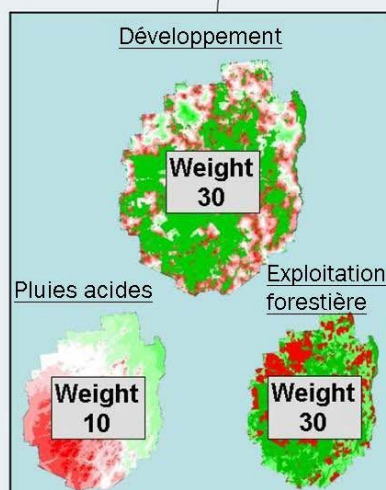
Qualité future de l'habitat



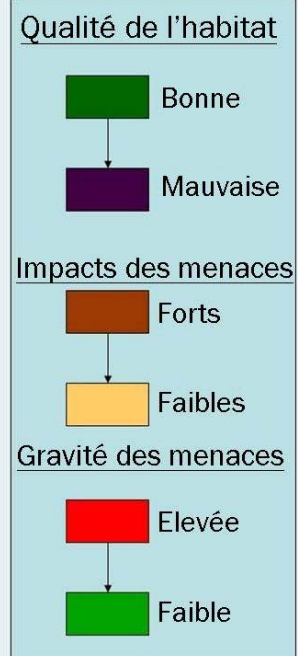
1,439 marten



Gravité passée des menaces



Gravité future des menaces



Il faut noter que la distinction entre modèles empiriques et experts est quelque peu artificielle. La plupart mélangent l'expérience des experts (par exemple pour sélectionner les variables prédictives probables) et les données de terrain. Les deux approches sont généralement combinées.

Lorsque l'on compare ces deux types de modèles, la littérature suggère que les modèles empiriques sont généralement plus précis pour la prédiction spatiale (Pearce et al. 2001). Si l'on dispose d'un échantillon suffisamment important et de variables explicatives appropriées, on peut généralement prédire de façon satisfaisante les effectifs d'une espèce sur un site donné. Il y a cependant deux gros écueils à la construction de modèles empiriques. Tout d'abord, il faut beaucoup de données, collectées de préférence d'une façon statistiquement rigoureuse et non biaisée, en quantité suffisante pour construire le modèle et le tester. De telles données nécessitent des investissements en temps et en financements importants, qui manquent souvent.

De façon moins évidente, mais potentiellement plus importante, lorsque l'on travaille sur des observations directes d'animaux, il est difficile voire impossible de séparer les effets des variables naturelles (topographie, pluviométrie) des variables d'origine humaine. Par exemple, s'il n'y a pas de gorilles sur un site, est-ce parce que les hommes les ont tous tués ou parce que l'habitat n'est pas adéquat, ou un mélange des deux ? Des expérimentations contrôlées sont souvent nécessaires pour séparer de façon claire les effets naturels des effets anthropiques. Malheureusement, avec des paysages étendus, des animaux rares et peu de temps pour agir, de telles expérimentations sont rarement possibles (Ferraro et Pattanakorn 2006).

Savoir où investir des ressources pour construire un modèle empirique peut être difficile. Il convient de se baser sur les objectifs à atteindre, la qualité des données (par exemple taille de l'échantillon, biais, échelle) et les

contraintes de temps et de financement. Dans la plupart des cas, voire tous, les données de terrain seront trop rares, et un modèle expert permettra de mieux séparer les influences de l'homme de celles des phénomènes naturels. Ne pas oublier que pour que la conservation avance, des décisions doivent être prises. N'hésitez pas à contacter le PPV pour des conseils (voir les contacts en fin de manuel). Si les données sont probablement suffisantes pour construire un modèle empirique, consulter Manly et al. (2002) et Scott et al. (2002). Cela étant, ce manuel concerne principalement la création de modèles basés sur des informations générales. Même si l'on choisit de ne pas faire un modèle empirique, *ne pas abandonner les observations de terrain* des animaux ou des activités humaines ! Lorsque l'on construit un modèle expert, les données de terrain peuvent fournir des indices sur les habitats importants et sur la façon dont les animaux choisissent, et peuvent éclairer l'impact des hommes sur les animaux. Surtout, les observations de terrain aident à valider les modèles de façon informelle, si les statistiques sont impossibles.

Partie III. Questions importantes avant de commencer à créer les modèles

Avant d'ouvrir le logiciel de SIG, il est judicieux de répondre à certaines questions de base, dont les réponses auront des implications importantes lorsque l'on commencera à créer les modèles. Commencer le processus de modélisation en répondant aux six questions suivantes :

Question 1 : Quelle est la zone focale sur laquelle seront bâtis les paysages biologique et des menaces ?

Dans le jargon des écologues des paysages, la zone focale est *l'étendue spatiale* (spatial extent), c'est-à-dire la zone sur laquelle seront produits les modèles. Il est recommandé de désigner clairement quelle sera la zone focale avant le départ. Il est fréquent qu'après avoir bâti les modèles, on se rende compte que la zone focale initiale était trop grande ou trop petite et qu'il faille la changer. Au moins pour le premier essai, il faut être très clair sur la zone focale et s'y tenir.

Considérer les points suivants en choisissant la zone focale :

- Le projet est-il historiquement ciblé sur un parc ou une unité politique distincte ? Est-il nécessaire d'agir au-delà de ces limites pour protéger efficacement les espèces-paysage ? Si l'on soupçonne qu'une espèce a besoin d'habitats au-delà de ces limites, il faut savoir jusqu'où il convient d'agir (*voir Leçons apprises 2*). Si l'on croit *fortement* que la zone visée abrite ou pourrait abriter facilement des populations fonctionnelles de l'espèce-paysage (éventuellement avec un peu d'aide de conservation), il n'est pas nécessaire de modéliser au-delà des limites actuelles. Ne pas oublier qu'il est préférable de modéliser sur une zone trop étendue que trop restreinte.
- Essayer d'éviter de laisser les frontières humaines délimiter la zone focale. Bien que les frontières politiques ou la limitation des données (par exemple les limites des images satellite) déterminent souvent de façon inévitable ce que l'on modélise, il faut garder à l'esprit le fait que la faune ne respecte pas les frontières humaines. Considérer l'utilisation de critères écologiques (par exemple limites de bassins versants, limites de répartition d'une espèce, bathymétrie etc.). On peut également utiliser les besoins spatiaux des espèces-paysage pour déterminer la surface de la zone focale – on peut modéliser dans des frontières politiques ou des limites d'aire protégée, mais il faut inclure une zone tampon autour de ces zones. La largeur de la zone tampon peut être égale au diamètre du plus grand domaine vital des espèces-paysage.

Après avoir fixé la zone focale, créer un polygone SIG la délimitant.

Leçons apprises 4

Sources et couches SIG gratuites

Si les données détaillées ne sont pas disponibles localement, des données globales existent et sont gratuites. Elles ne sont généralement pas assez détaillées ou sont inexactes aux échelles locales, mais constituent un bon point de départ. (Le PPV a compilé une base de données beaucoup plus importante rassemblant des données SIG globales et des sources de données de télédétection. En cas de besoin, n'hésitez pas à vous adresser au PPV ou au personnel des agences régionales).

Couche	Nom des données	Fournisseur	Source
Couche administrative générale et infrastructures (frontières nationales, cours d'eau, routes etc.)	VMAP	NIMA	http://www.mapability.com/
	ESRI World Basemap Data	ESRI	http://www.esri.com/data/download/index.html
Population humaine	Gridded Population of the World (GPW) v. 2	CIESIN	http://sedac.ciesin.columbia.edu/gpw/
	LandScan	Oak Ridge National Lab	http://www.ornl.gov/sci/landscan/
Occupation des sols	Global Land Cover Characteristics (GLC)	USGS, Univ. of Nebraska, European Commission Joint Research Centre	http://edcdaac.usgs.gov/glcc/glcc.asp
Aires protégées	World Database on Protected Areas (WDPA)	UNEP-WCMC, IUCN WCPA, International NGOs	http://geodata.grid.unep.ch/
Topographie et altitudes	Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)	NAAS, USGS	http://glcf.umiacs.umd.edu/data/srtm/
Bathymétrie	ETOPO5	National Geophysical Data Center (NGDC)/NOAA	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/global.html

Question 2 : Certains impacts anthropiques font-ils partie intégrante du Paysage Biologique Potentiel ?

Les Paysages Biologiques Potentiels (par opposition aux paysages actuels ou futurs) représentent ce que serait le paysage si les menaces étaient éliminées. Malheureusement, dans de nombreux cas, pour des raisons pratiques, un projet de conservation peut être dans l'impossibilité d'éliminer certaines menaces. Ces menaces sont celles qui ont déjà touché la faune (par exemple les habitats détruits par la construction d'une ville) et celles qui continueront à toucher la faune dans le futur (par exemple le réchauffement global). Même si nous rêvons d'obtenir un jour des paysages totalement « naturels », dans la plupart des cas il ne s'agit pas d'un objectif réaliste pour la conservation ni d'une bonne approche pour construire des paysages. Si une menace donnée est réellement hors de la sphère d'influence du projet, il faut inclure son impact dans le Paysage Biologique potentiel.

Certains impacts humains pouvant être inclus dans le Paysage Biologique potentiel sont :

- Habitats détruits par des agglomérations existantes
- Habitats transformés en terres agricoles
- Impacts du réchauffement global ou d'autres menaces à grande échelle en-dehors de la sphère d'influence
- Certains impacts « inaltérable » de routes déjà construites, tels que destruction de la végétation ou fragmentation des habitats par des routes importantes. Toutefois, beaucoup des impacts indirects des routes peuvent être dans la sphère d'influence, par exemple l'accès pour les chasseurs ou les défrichements agricoles futurs le long des pistes.

S'étant placé dans une perspective pratique, il reste important *de ne pas se focaliser simplement sur ce qui est facile, ni de sous-estimer ce qu'un projet de conservation peut accomplir*. Ne pas laisser un faux réalisme empêcher de placer la barre haute.

Question 3 : Doit-on répartir le Paysage des Menaces en paysages passés et futurs ? Faut-il une version « actuelle » du Paysage Biologique ?

Ayant appliqué l'approche espèces-paysage dans de nombreux sites, nous avons observé que la version classique de cette approche, avec un Paysage Biologique par espèce et un Paysage des Menaces par menace est parfois insuffisante.

Dans la plupart des applications de l'approche espèce-paysage, nous n'avons pas spécifié si une menace donnée est passée, actuelle ou n'existe pas encore mais est probable. Toutefois, dans certains cas, nous avons trouvé utile de produire des représentations passées et futures du Paysage des Menaces (*voir Leçons apprises 3*). Le Paysage des Menaces passées fait référence aux impacts et aux patrons spatiaux des menaces *jusqu'à la période actuelle*. Celui des menaces futures concerne les menaces *à partir du moment présent jusqu'à un futur proche* (généralement 5-10 ans). La meilleure ligne de partage entre représentations passées et futures de la même menace consiste à voir si les déclin de population ont déjà eu lieu. Le Paysage des Menaces passées doit représenter les déclin qui ont déjà eu lieu, celui des menaces futures doit tenter de rendre compte des changements qui vont se produire bientôt ou qui pourraient avoir lieu.



© Karl Didler/WCS

Il peut arriver qu'il ne soit pas nécessaire de distinguer entre formes passées et futures des menaces – il est suffisant d'avoir une carte de la menace et il est inutile de distinguer si la menace a déjà réduit les populations ou si elle va le faire. C'est souvent le cas pour les menaces qui touchent directement les populations (par exemple chasse ou braconnage), au contraire de celles qui modifient la structure des habitats (par exemple exploitation forestière ou conversion en terres agricoles). On lutte contre des menaces comme le braconnage simplement en arrêtant une activité en cours et en laissant les populations se restaurer seules, sans actions supplémentaires pour aider ou accélérer la restauration. Pour lutter contre des menaces comme l'exploitation forestière, les activités nécessaires pour réparer les impacts passés (par exemple la reforestation) sont différentes de celles nécessaires pour lutter contre la menace dans le futur.

Il convient d'examiner pour chaque menace s'il est utile de distinguer entre formes passées et futures. Les questions suivantes peuvent être utiles :

1. Est-il nécessaire ou souhaitable de cartographier la distribution actuelle de l'espèce-paysage (Paysage Biologique actuel) ? Pour y parvenir, il faut placer le Paysage Biologique potentiel sur les versions passées des Paysages des Menaces (comment les menaces ont réduit les populations jusqu'à ce jour).
2. Le patron spatial de la menace se modifie-t-il, au point que le patron passé soit très différent du patron actuel ou futur ?
3. Les actions qui seront effectuées pour réparer les impacts passés de la menace sont-elles très différentes de celles qui seront nécessaires pour empêcher les impacts dans le futur ?

Quelle que soit la décision prise, il faut être précis sur ce que représentent les Paysages des Menaces. Sont-ils une représentation de la distribution passée, actuelle ou future de la menace, ou une combinaison de celles-ci ?

Question 4 : Quelles données SIG sont nécessaires au minimum pour commencer la modélisation ?

On se rend compte en commençant à modéliser qu'il faut toujours plus de données SIG. Pour démarrer, il faut au minimum des données de base que nous recommandons de compiler avant de commencer : carte des habitats (utilisation des terres, végétation, structures récifales, bathymétrie etc.), frontières politiques, pistes et ressources en eau. Garder à l'esprit le fait que certaines caractéristiques importantes des habitats peuvent être trop petites pour être détectées par la carte des habitats de départ (par exemple, la surface des salines, ruisseaux, mares temporaires peut être trop faible pour être détectée sur des images satellites). Certaines données peuvent être importantes pour des espèces données. Nous recommandons de faire une liste des données SIG de base disponibles, de celles qui sont nécessaires mais qui n'existent pas, et de la façon dont les données disponibles doivent être améliorées. *Voir Leçons apprises 4* pour des sources de données SIG de base. Le PPV possède une base de données exhaustive des ressources globales existantes (pour l'obtenir, utiliser les contacts fournis à la fin de ce manuel).

REMARQUE : Il arrive que l'on ait besoin de données SIG au-delà de la zone choisie car la qualité des habitats et la gravité des menaces peuvent être affectées par des facteurs localisés en-dehors de la zone focale (*voir Leçons apprises 2*). Considérer la source géographique des menaces (par exemple, d'où viennent les chasseurs ? D'où vient la pollution ?) et évaluer si cette information est nécessaire.



© Amy Vedder & Bill Weber/WCS

Question 5 : Faut-il modéliser dans un environnement raster (grilles) ou vectoriel (polygones, lignes, points) ?

Il faut disposer d'ArcInfo ou de l'extension d'analyse spatiale (pour ArcView ou ArcGIS) pour modéliser dans un environnement raster, et généralement avoir suivi une formation SIG spécialisée. La modélisation raster sera en général plus pratique, plus puissante et plus rapide pour l'ordinateur, et nécessitera moins d'espace mémoire que l'utilisation de couches vectorielles pour construire les paysages biologique et des menaces. Cependant, lorsqu'on ne dispose pas du logiciel (ArcInfo ou Spatial Analyst), ou si l'on pense qu'il est préférable de modéliser en utilisant une couche de base sous forme de polygones (par exemple communautés végétales, parcelles, juridictions), la modélisation vectorielle est possible. Plus probablement, les données seront sous formes vectorielles et raster, mais il faut autant que possible convertir les données vectorielles en données raster lors de la modélisation (par exemple la distance aux côtes ou la densité des pistes).

Question 6 : Quelle résolution spatiale utiliser ?

La résolution spatiale est la surface minimale sur laquelle la qualité des habitats ou la gravité des menaces doivent être présentées. Dans la plupart des cas, elle sera donnée par une grille ou par la taille des pixels (par exemple, 10 m ou 1 km de côté), mais si l'on choisit de modéliser avec des polygones, elle sera probablement basée sur les juridictions (par exemple limites de parcs ou d'agglomérations), les limites d'écosystèmes, les types de végétation ou une combinaison de ces facteurs. Si l'on décide d'utiliser des polygones, nous recommandons de créer un fichier de base donnant un polygone unique pour chaque zone dans laquelle on veut calculer une valeur unique de qualité d'habitat ou de gravité de menace. Dans les deux cas, remarquer que la résolution des données existantes (par exemple occupation des sols obtenue par satellite) limitera la taille des pixels (généralement à 30-100 m). Pour faciliter les calculs, il est souvent préférable de choisir un multiple de 10 (100 m, 1 km). En général, la

résolution pour la création de modèles ne doit pas être plus grande que l'échelle spatiale à laquelle seront probablement mises en œuvre les interventions et la gestion. Bien qu'une résolution très élevée (c'est-à-dire des pixels très petits) fournisse énormément de détails, elle risque de rendre les fichiers trop gros pour pouvoir être utilisés facilement. D'un autre côté, choisir d'utiliser une résolution basse (c'est-à-dire des gros pixels) risque de masquer la variabilité des habitats importante pour les espèces. Dans la plupart des cas, et étant donné la résolution des données disponibles, une taille de pixels de 100 m à 1 km de côté est appropriée pour la grande majorité des sites et des espèces.

Partie IV. Construire les Paysages pas à pas

Cette partie donne des directives pas à pas pour aider les nouveaux modélisateurs à bâtir les Paysages Biologiques et ceux des Menaces. Bien que les processus soient similaires pour les deux types de paysages, nous fournissons des directives séparées pour davantage de clarté.

Paysages Biologiques Potentiels : la qualité des habitats en l'absence de menaces

Etape 1 : Entrer dans l'esprit du modèle. Quelques points concernant la modélisation des habitats sont présentés ci-dessous :

- **Ne pas commencer par les données, mais par la biologie.** On pense souvent : « nous avons une carte d'utilisation des terres, des données sur les cours d'eau, les pistes et les altitudes. Comment réunir ces quatre ensembles pour modéliser la qualité de l'habitat des jaguars ? ». Nous recommandons au contraire de penser *d'abord* aux variables réellement importantes pour l'espèce, *puis* de voir comment les données peuvent permettre de cartographier ces variables – « Les jaguars ont besoin de proies, d'eau, doivent pouvoir se déplacer et se sentir en sécurité dans les forêts. Comment utiliser les données SIG pour représenter ces variables ? » (*voir Leçons apprises 5 et 7*).

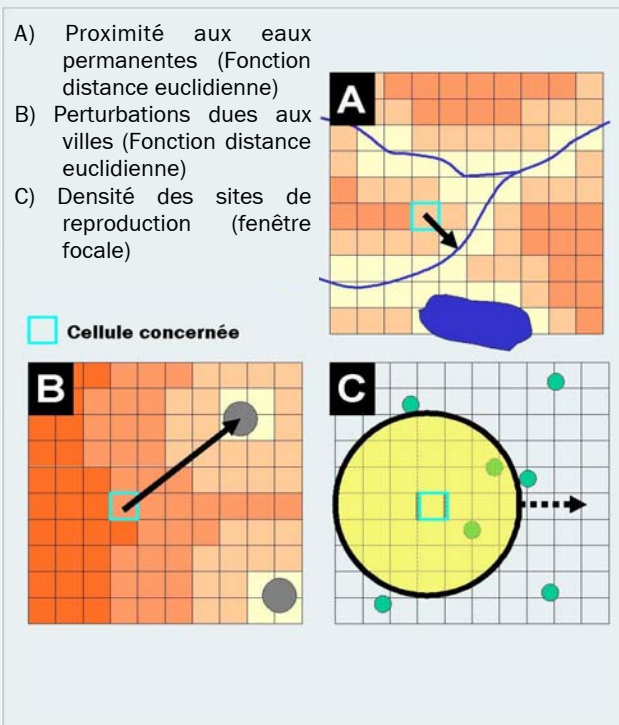
- **Penser « long terme » et « grande échelle ».** Ne pas s'empêtrer dans la façon dont les animaux sélectionnent les habitats à une saison donnée, ou comment les individus font des choix à petite échelle entre la parcelle A et la parcelle B. Il est préférable de penser ainsi : « Où est le meilleur endroit pour vivre de façon permanente ? Si j'étais un animal, où pourrais-je répondre à mes besoins pour toute ma vie, en ayant eau et nourriture toute l'année, avec un endroit pour me reproduire et élever mes jeunes, à l'abri des prédateurs... »
- **Penser abondance, et non présence/absence.** Lorsque l'on bâtit un paysage, il faut s'efforcer d'aller au-delà des cartes présentant la présence ou l'absence d'un animal, et chercher en termes de cartes présentant où il y a plus ou moins d'animaux.
- **Se représenter les paysages comme des hypothèses.** Ne pas être rebuté par le fait qu'il peut y avoir insuffisamment de données pour étayer les modèles. Les paysages doivent représenter les meilleures estimations possibles, basées sur les données disponibles sur la façon dont les espèces et leurs habitats sont distribués dans la zone focale. Une partie des objectifs de recherche et de suivi consistera à obtenir des informations additionnelles afin de tester ces hypothèses et d'affiner les Paysages.
- **Imaginer l'espèce à l'équilibre avec son environnement.** On veut que les Paysages représentent ce que seraient les populations si elles atteignaient l'équilibre avec leur environnement (capacité de charge ou *carrying capacity*). Bien qu'en tant que biologistes, nous sachions que l'équilibre est très rare dans les systèmes écologiques, ce concept permet de bâtir des modèles utiles pour discuter des priorités de conservation.
- **Calculer la qualité de l'habitat pour une cellule de la grille à la fois, mais ne pas oublier le contexte spatial.** Bien que la résolution des modèles soit une cellule, la plupart des animaux ne limitent pas leur évaluation de la qualité de l'habitat à cette cellule (« cette cellule de 30 m est-elle un bon habitat ? »). Ils évaluent les habitats en fonction de leurs capacités à se déplacer sur une surface typiquement plus étendue qu'une cellule (leur domaine vital, par exemple). Ainsi, si la qualité de l'habitat d'une cellule peut être partiellement influencée par ce qui se passe dans cette cellule (par exemple des cultures), elle est probablement davantage dépendante de ce qui se passe autour de la cellule (de la forêt tout autour et une rivière à 100 m). ArcView a plusieurs moyens d'évaluer le contexte spatial, par exemple avec les fonctions de distance et les fenêtres focales (voir Figure 6).

Etape 2 : Recueillir des informations adéquates sur la biologie de chaque espèce et solliciter l'aide des experts. Nous suggérons de compiler la littérature scientifique existante pour chacune des espèces-paysage. Relever les facteurs potentiellement importants pour les relations espèce-habitat (qualité des habitats), la taille des domaines vitaux, et être attentif aux différentes échelles spatio-temporelles utilisées (par exemple surface du domaine vital annuel ou selon les saisons etc.). De même, collecter toutes les observations de terrain (sur l'espèce, les menaces), en particulier si elles peuvent être facilement incorporées au SIG, car ces données sont toujours utiles pour diriger le processus de modélisation et fournir une validation informelle des modèles. Si le logiciel PPV de sélection des espèces-paysage a été utilisé, la majorité de ces informations a déjà été compilée.

Nous recommandons également de solliciter l'aide d'au moins un expert reconnu pour chaque espèce. Il est idéal que la personne qui bâtit les modèles biologiques connaisse bien la littérature et que l'expert soit présent lors de la construction du modèle. Lorsque les modèles s'améliorent au fur et à mesure des itérations, disposer des commentaires d'un expert de l'espèce sur les versions successives est indispensable à l'élaboration de cartes utiles.

Etape 3 : Dégager les grandes lignes du modèle. Bien que l'envie première puisse être d'ouvrir ArcView et de commencer à manipuler les données, le processus est généralement plus efficace, clair et précis si l'on passe un peu de temps à dégager la façon dont chaque Paysage Biologique sera construit. Nous suggérons de commencer par écrire sous forme de phrases les liens entre habitats, puis de transformer les phrases en graphiques. Il est étonnant de voir comme les modèles deviennent clairs lorsqu'il faut écrire sous forme de mots leur logique sous-jacente ! Ce travail sera non seulement utile pour organiser les idées, mais il sera également extrêmement précieux plusieurs mois après lorsqu'il s'agira de réviser le modèle et que les souvenirs précis seront effacés. Enfin, cela permet de conserver les noms et les descriptions. Passer quelques minutes aujourd'hui pour dégager les contours du modèle puis les garder à jour permettra d'économiser des heures plus tard ! (*Voir Leçons apprises 5* page suivante pour des directives et des exemples de description des modèles biologiques).

Figure 6. Modéliser en utilisant le contexte spatial



Note : La couleur des cellules de A et B indique la distance euclidienne par rapport à l'objet concerné le plus proche (cours d'eau en A, villes en B). Les couleurs les plus claires indiquent les distances les plus courtes.

Etape 4 : Ouvrir ArcView et créer le modèle ! Après avoir planifié le modèle, il est relativement aisé de le créer. Quelques astuces doivent être gardées à l'esprit en cours de travail. Voir également les *Leçons apprises 7* pour une aide sur les calculs à faire avec ArcView.

- En cas de doute, sauvegarder les grilles et formes intermédiaires (« Convert to Grid » ou « Convert to Shape file ») en cours de travail plutôt que de les effacer. Beaucoup seront réutilisées pour d'autres espèces. Lorsque les modèles sont terminés, passer du temps à nettoyer les étapes intermédiaires inutiles.
- Noter sur le bloc-notes ou sur Word toutes les étapes (si les résultats ont été sauvegardés ou non) et comment chacune a été créée (données utilisées, résultats, méthodes de calcul etc.). Il est généralement facile de copier les formules du « Map Calculator » d'ArcView dans le bloc-notes.
- Mettre toutes les étapes, variables et résultats sur une échelle 0-100, et non 0-1, 0-10 ou autre. Cela permettra de faire facilement des calculs rapides, donnera suffisamment de précision au cours du processus et évitera les erreurs d'arrondis. Nous recommandons que la couche biologique représente la « qualité relative potentielle de l'habitat » sur une échelle de 0 à 100, où le meilleur site du paysage a une valeur de 100, et où une valeur de 0 signifie que l'espèce est complètement absente. *Voir Leçons apprises 5.*
- Lorsqu'une valeur décimale apparaît dans la grille, la remplacer en convertissant la grille en grille entière (passer de « floating point » à « integer grid »). Pour des raisons tenant à la façon dont ArcView sauvegarde les grilles, celles qui ont des points décimaux (floating point) prennent fréquemment beaucoup d'espace sur le disque et demandent beaucoup plus de temps pour être traitées dans les calculs ultérieurs. Les grilles entières (Integer grids) sont beaucoup plus efficaces (c'est en partie pour cela que nous suggérons d'éviter l'utilisation d'une échelle 0-1).

Leçons apprises 5

Dégager les grandes lignes du Paysage Biologique Potentiel

Nous recommandons de rédiger avec des phrases les grandes lignes du projet avant de commencer à modéliser. Cela permet de clarifier les analyses et de bien séparer les variables explicatives. Essayez la méthode suivante :

A Lister les variables ayant un impact sur la répartition des espèces dans le paysage. Inclure les variables biologiques et les activités humaines qui ont été considérées comme faisant partie du Paysage Biologique Potentiel. Au début, il est inutile de s’inquiéter de savoir si l’on a les données SIG nécessaires pour modéliser ces variables. Il faut penser aux variables qui déterminent les limites de la répartition locale des espèces (présence /absence dans le paysage) et à celles qui ont un impact important sur les effectifs des animaux dans leur aire de répartition locale.

B Indiquer si chaque variable limite la présence de l’espèce dans une partie du paysage, si elle joue sur l’abondance des animaux mais ne limite pas leur présence, ou si elle fait les deux.

- Variables limitant la présence, et jouant sur l’abondance.** Beaucoup de variables peuvent limiter la présence d’une espèce dans certaines parties du paysage – soit elles sont absolument nécessaires, soit elles excluent totalement l’espèce. Par exemple, une saline à moins de 10 km est nécessaire pour que des éléphants soient présents. Ces variables ont généralement aussi un impact sur le nombre d’animaux vivant dans le paysage, et modifient donc la qualité de l’habitat. Par exemple, le nombre de salines joue sur les effectifs d’éléphants dans une zone du paysage. Ces variables sont par exemple les ressources en eau, en nourritures ou en autres nutriments (par exemple eau permanente, une espèce donnée de plante ou de proie etc.), les sites de reproduction, certains types de protection thermiques ou contre les prédateurs, la présence de certains compétiteurs, les variables environnementales (par exemple température ou salinité) et la surface minimale des habitats.

- Variables jouant sur l’abondance, mais ne limitant pas la présence.** Certaines variables peuvent jouer sur l’abondance des espèces sur un site, mais n’empêchent pas nécessairement leur présence. Il peut s’agir de l’abondance de nourriture ou des caractéristiques de l’habitat (par exemple productivité végétale, âge des forêts, types ou densité des prédateurs/proies), de la profondeur, de la pente, des précipitations, de la vitesse et de la direction des courants etc.

- Variables jouant uniquement sur la présence.** Dans certains cas rares, une variable permet la présence d’une espèce dans certains sites du paysage mais n’a pas d’effet quantifiable sur son abondance. Cela est souvent dû au fait que notre compréhension des relations entre l’espèce et la variable n’est pas très bonne, et nous ne pouvons que la caractériser en termes de présence ou d’absence (par exemple, on sait que les éléphants ont besoin de salines, mais nous ne savons pas comment le nombre de salines est lié à l’abondance des éléphants).

C Identifier une ou plusieurs couche(s) SIG nécessaires pour lier chaque variable à la qualité de l’habitat ou à la présence/absence. Si l’on ne dispose pas d’une couche existante pour une variable, il faut rechercher un substitut ou une approximation (par exemple, l’abondance des proies peut être approchée par une carte de la température de la surface de l’eau).

D Expliciter chaque variable en fonction de ce que l’on mesure et d’échelles spatio-temporelles ayant un sens biologique. Expliciter ce que l’on mesurera pour chaque variable, en termes d’unités et d’échelle. Mesure-t-on des densités, la présence/absence, la moyenne etc. ? Il est également nécessaire d’évaluer de nombreuses variables à des échelles plus grandes que la cellule (résolution). Cela est principalement dû au fait que les espèces peuvent se déplacer pour répondre à leurs besoins (par exemple pour obtenir de l’eau ou de la nourriture), et au fait que les ressources dans un lieu sont complétées par celles des zones voisines (dans les limites des déplacements de l’espèce). Répondre à la question suivante : « A quelle échelle spatiale vais-je évaluer cette variable ? ». Nous suggérons une échelle par défaut équivalente au domaine vital annuel, mais pour certaines espèces et variables, d’autres échelles peuvent être plus pertinentes (domaine vital saisonnier, domaine vital pour toute la vie d’un individu, domaine vital quotidien).

E A l’aide de phrases, expliciter les liens entre chaque variable et la qualité de l’habitat ou la présence/absence. Considérer les effets de chaque variable *indépendamment* des autres variables, en supposant que l’habitat est par ailleurs parfait pour l’espèce (« si tout est parfait par ailleurs, quelle est la relation entre la densité des sites de nidification et la qualité de l’habitat ? »).

F Transformer les phrases en graphiques ou en tableaux liant chaque variable à la qualité potentielle de l’habitat et à la présence/absence.

G Faire un organigramme présentant les étapes du modèle, comprenant les couches SIG impliquées, les techniques SIG qui seront utilisées pour manipuler les couches et les équations qui seront utilisées pour calculer la qualité potentielle de l’habitat. Il faut prendre le temps de réfléchir à la façon dont seront combinées les différentes couches du modèle (faut-il les additionner, les multiplier, calculer la moyenne, les normaliser ?). Nous suggérons d’utiliser des échelles de 0 à 100 pour chaque variable. Voir **Leçons apprises 6 et 7** pour d’autres informations.

Exemples :

- Plages de ponte
- Eau permanente/côte
- Altitude/profondeur
- Perturbations dues aux villes
- Taille des habitats
- Compétition avec l’espèce X
- Type d’occupation des sols

- L’eau permanente est nécessaire pour la présence et joue sur l’abondance
- Le type d’occupation des sols joue sur l’abondance et détermine la présence/absence
- La zone couverte de corail joue sur la qualité de l’habitat et limite la présence/absence

- Les Perturbations dues aux villes jouent sur la qualité de l’habitat mais ne limitent pas la présence
- La présence de plages de ponte joue sur l’abondance mais ne limite pas la présence de l’espèce

- La profondeur limite uniquement la présence/absence
- La taille des habitats limite uniquement la présence/absence
- La compétition avec une espèce X exclue l’espèce et joue sur la qualité de l’habitat

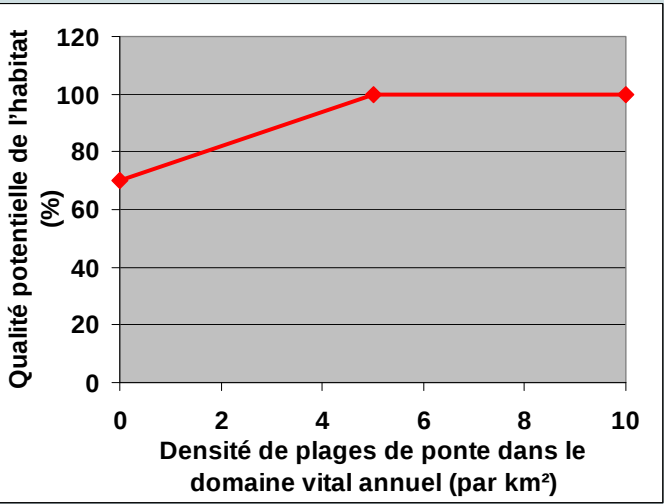
- Voir **Leçons apprises 7**

- Densité des plages de ponte dans le domaine vital
- Présence d’eau permanente dans le domaine vital de saison sèche
- Qualité moyenne du couvert dans le domaine vital annuel
- La densité d’arbres propices à la nidification joue sur le domaine vital annuel
- Zone couverte de corail dans la zone de frai

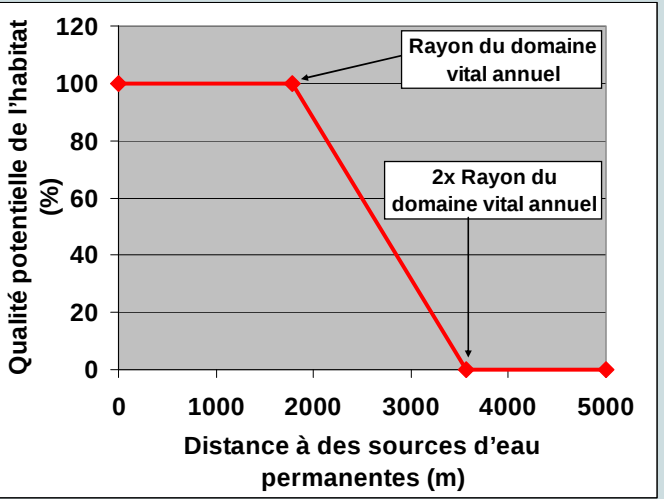
- Si la densité des plages de ponte est $\geq 5/\text{km}^2$, et que toutes les autres variables sont parfaites, alors la qualité de l’habitat est 100 (100%). Si la densité des plages de ponte est $< 1/\text{km}^2$, et que toutes les autres variables sont parfaites, alors la qualité de l’habitat vaut 60.

- Voir **Leçons apprises 6 & 7**

- La densité des plages de ponte dans le domaine vital annuel joue sur la qualité de l’habitat mais ne limite pas la présence.



- La distance aux eaux permanentes joue sur la qualité de l’habitat et limite la présence.



- Les types d’occupation des sols dans le domaine vital annuel jouent sur la qualité de l’habitat et peuvent limiter la présence.

Occupation des sols	Qualité potentielle de l’habitat (% de la qualité maximale de l’habitat)
Forêt sempervirente	20
Forêt décidue	100
Forêt mixte	60
Marécages ouverts	0
Marécages boisés	80
Agglomération	5
Prairies naturelles	20
Agriculture	5

Leçons apprises 6

Combiner les variables des modèles

Il existe de nombreuses façons de combiner les diverses variables dans les modèles. Il est important de savoir comment les différents traitements mathématiques (par exemple addition, multiplication, moyenne) peuvent jouer sur l'importance de chaque variable dans le score final.

Typiquement, quand on a fait en sorte que les principales variables du modèle soient indépendantes (elles limitent de façon indépendante la qualité de l'habitat et ne compensent pas les autres variables), elles peuvent être multipliées les unes par les autres pour calculer la qualité de l'habitat. Toutefois, les étapes précédentes peuvent nécessiter d'autres calculs.

Suivre les directives ci-dessous, mais tester également le modèle en cours de travail pour assurer que les résultats soient intuitivement raisonnables.

Relations multiplicatives : Utilisées lorsque chaque variable limite indépendamment les résultats, par exemple quand chaque variable limite potentiellement la qualité de l'habitat. Dans une telle relation, chaque variable de l'équation a la capacité de rendre le total nul. Prendre le « minimum » de plusieurs variables est similaire, mais dans ce cas le résultat ne sera dépendant que d'une variable plutôt que d'une combinaison de l'ensemble.

Relations additives et moyennes (arithmétiques) : Utilisées lorsqu'une variable peut compenser les autres. Par exemple, la disponibilité en proies peut être la somme ou la moyenne de la disponibilité de deux espèces proies.

Normaliser et standardiser : Normaliser les valeurs par des constantes (par exemple en divisant par la valeur la plus élevée pour amener toutes les valeurs entre 0 et 1) ou standardiser les variables (lorsqu'elles sont sur des échelles différentes) au cours des différentes étapes de la modélisation peut avoir des effets inattendus sur les résultats finaux. Il faut être attentif et bien réfléchir à ce que cela signifie.

Ici encore, nous suggérons de raisonner généralement sur des échelles 0-100, où 0 signifie « aussi bas que possible » (pour les relations additives) ou « aucun animal présent » (pour les relations multiplicatrices), et 100 signifie « aussi bon que possible » ou « qualité d'habitat maximale ».



© David Wilkie/WCS

Leçons apprises 7

Calculer dans ArcView

Après avoir dégagé les grandes lignes des Paysages Biologiques et des Paysages des Menaces, il est temps d'utiliser ArcView (ou un autre logiciel de SIG) pour effectuer les calculs. Un exemple (à droite) montre les étapes de création du Paysage Biologique pour les jaguars dans le paysage Maya au Guatemala.

Quelques astuces sur la façon d'utiliser ArcView pour faire des calculs utiles sont données ci-dessous. L'extension d'analyse spatiale est nécessaire pour tous les calculs utilisant des grilles.

Fenêtre focale pour les grilles (moyennes spatiales, sommes etc.) : Dans le menu Analysis, choisir "Neighborhood Statistics"

Appliquer des équations aux grilles : Dans le menu Analysis, choisir le map calculator.

Convertir une grille entière en grille décimale : Dans le menu Analysis, choisir le map calculator. Sélectionner la grille qui doit être changée, modifier le menu de "Logarithms" à "Arithmetic", puis cliquer sur le bouton "Float" (pour passer en points décimaux) ou sur le bouton "Int" (pour passer en valeurs entières).

Trouver les valeurs minimales et maximales d'une liste de grilles : Dans la fenêtre d'analyse, sélectionner le map calculator. Entrer les instructions suivantes, en remplaçant les parties en rouge par les grilles ou commandes adéquates :

`InGridA.LocalStats(#GRID_STATYPE_MIN, {InGridA, InGridB, InGridC, ...})`

`InGridA.LocalStats(#GRID_STATYPE_MAX, {InGridA, InGridB, InGridC, ...})`

Appliquer des conditions à une grille : Des conditions telles que « si la valeur est X, alors faire ceci, sinon faire cela » peuvent être gérées par ArcView. Dans la fenêtre d'analyse, sélectionner le map calculator. Puis entrer l'instruction suivante, en remplaçant les parties en rouge par les informations adéquates :

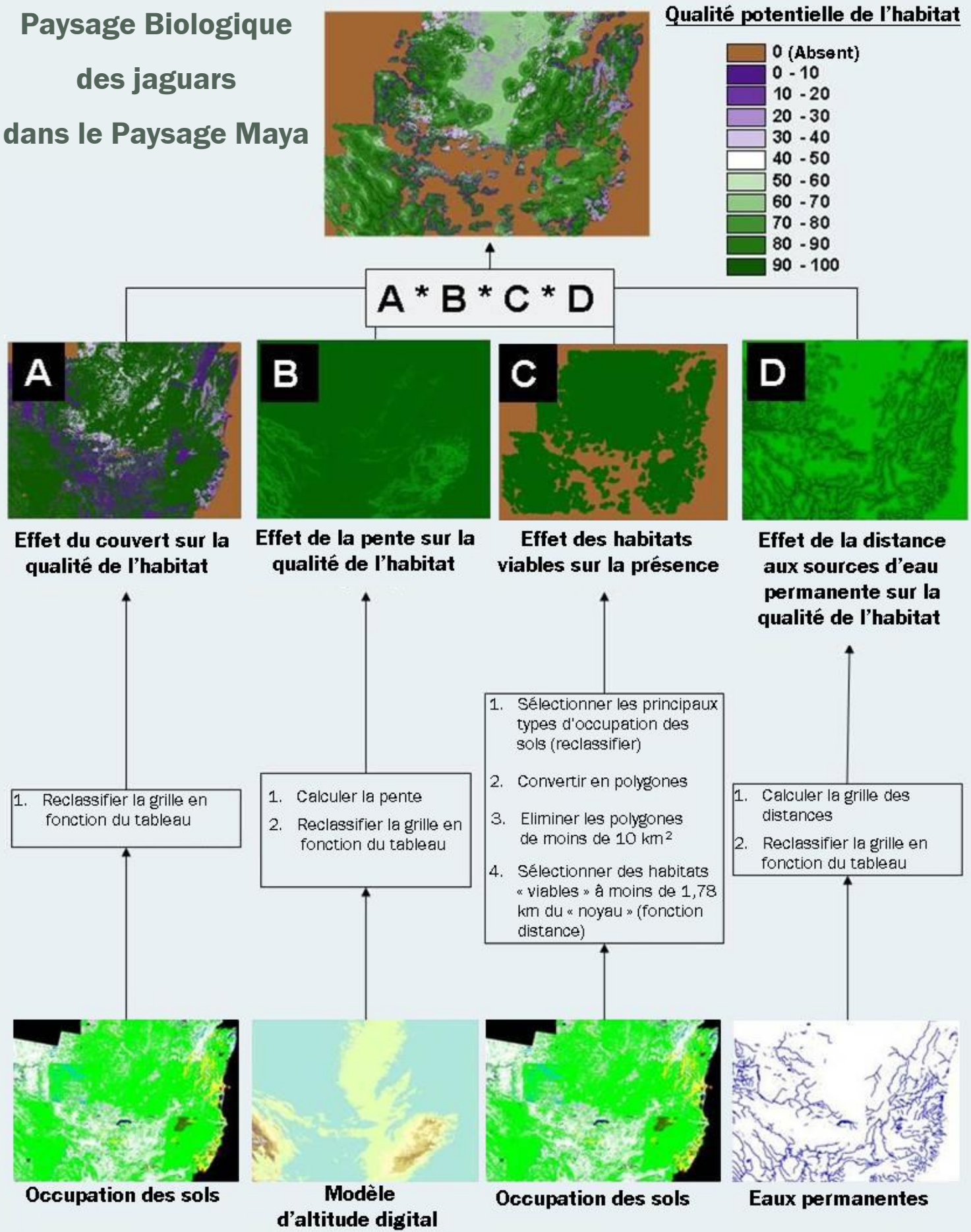
`(InGrid Condition).con((Then, Else)`

Exemple : `(InGrid <3000).con((InGrid*30.AsGrid + 100.AsGrid, 100.AsGrid)`

Recalculer les surfaces et périmètres des polygones : l'extension X-tools permet de recalculer ces attributs après avoir changé la forme d'un objet (coupe, union etc.).

Réduire la résolution d'une grille en agrégeant les cellules : Pour réduire la résolution d'une grille en ayant une grille résultante fonction de la grille originelle (moyenne ou somme), utiliser l'extension Grid Analyst, qui possède une fonction d'agrégation (« Aggregate function »).

Paysage Biologique
des jaguars
dans le Paysage Maya



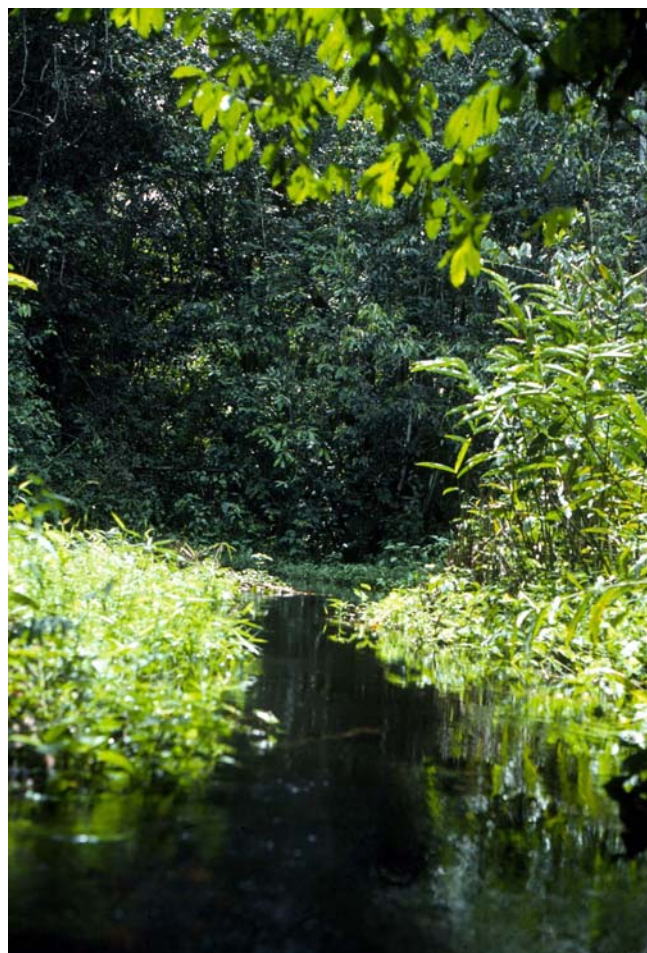
Paysages des Menaces : Impact des menaces sur la qualité potentielle des habitats

Etape 1 : Entrer dans l'esprit du modèle

- **Penser comme un animal *et* comme un homme.** Les Paysages des Menaces nécessitent de penser, cellule par cellule, comment les humains se répartissent dans le paysage et comment ils touchent les espèces. Réfléchir au nombre de personnes qui utiliseront une cellule donnée et à l'impact qu'elles auront sur la qualité de l'habitat. Comme pour les Paysages Biologiques, la qualité des habitats peut être modifiée par ce qui se passe dans la cellule en question, mais peut également dépendre du contexte autour de cette cellule (*voir Figure 6*).
- **Les routes sont les grands « facilitateurs ».** On est fréquemment tenté de modéliser les routes comme des menaces directes, et donc comme des menaces distinctes dans les modèles. Pourtant, l'impact majeur des routes (et des rivières, pistes etc.) est typiquement d'augmenter l'impact d'autres menaces – permettre l'accès aux chasseurs, faciliter la déforestation etc. Si l'on crée un modèle distinct pour les menaces des routes, il sera difficile de retirer l'impact des routes des autres modèles de menaces. Envisager la création d'un modèle « coût-accès » de base pour plusieurs menaces, incluant les routes, les sources de population humaine et les coûts de transport (*voir Leçons apprises 9*). Les impacts plus directs des routes peuvent être modélisés comme des menaces indépendantes. L'impact direct des routes, bien que généralement moins grave, comprend la destruction des forêts pour ouvrir les routes, les dérangements associés au trafic et les barrières aux déplacements et à la dispersion.
- **Doit-on séparer les modèles de menace pour chaque espèce-paysage ?** On a généralement environ cinq menaces différentes et cinq espèces-paysage. Faut-il 25 modèles de menaces distincts (un pour chaque combinaison espèce-menace) ou cinq modèles de menace géné-

raux sont-ils suffisants ? La distribution spatiale d'une menace varie-t-elle beaucoup selon les espèces, et nécessite-t-elle donc un modèle séparé pour chaque espèce ? Par exemple, la distribution spatiale de la chasse est souvent la même pour beaucoup d'espèces – le risque d'être chassé est toujours plus élevé dans une zone donnée, que la chasse vise plus particulièrement les bongos ou les éléphants. Dans ce cas, il est suffisant de bâtir un modèle de menace pour les espèces, puis multiplier la menace globale par une constante différente représentant la gravité de la menace pour chaque espèce. Toutefois, pour certaines espèces, les hommes se comportent assez différemment (pêche vs. chasse, chasse de subsistance vs. chasse sportive), et différents modèles spatiaux pourront être nécessaires.

ASTUCE : Envisager de modéliser les menaces passées séparément des menaces futures (*voir Leçons apprises 3*).



© Amy Vedder & Bill Weber/WCS

Leçons apprises 8

Dégager les grandes lignes des modèles de menaces

Comme pour le Paysage Biologique, nous recommandons d'explicitier le modèle avec des phrases avant de commencer à modéliser. Il est préférable de commencer par chaque menace individuellement, puis de lier la gravité des menaces aux réductions de qualité d'habitat pour chaque espèce (voir étape 5 dans le texte sur la construction des Paysages des Menaces).

A Lister les variables importantes ayant un impact sur la distribution de chaque menace dans le paysage.

B Pour chaque variable, identifier la couche SIG nécessaire pour lier la variable à la gravité de la menace.

C Expliciter chaque variable en fonction de ce que l'on mesure et d'échelles spatiales ayant un sens biologique.

Comme pour les Paysages Biologiques, expliciter ce qui sera mesuré pour chaque variable. Mesure-t-on des densités, une simple présence/absence, calcule-t-on une moyenne etc. ? Si nécessaire, donner une échelle spatiale biologiquement cohérente pour chaque variable. Ici encore, le fait qu'une menace ait lieu dans une cellule donnée n'est pas la seule chose à considérer. Les mouvements de l'espèce à une plus grande échelle spatiale qui la mettent en contact avec la menace sont importants (par exemple, domaine vital annuel ou saisonnier).

D A l'aide de phrases, expliquer la relation entre chaque variable et la gravité de la menace.

E Transformer les phrases en graphiques ou en tableaux liant chaque variable à la gravité de la menace.

F Faire un organigramme présentant les étapes du modèle, comprenant les couches SIG impliquées, les techniques SIG qui seront utilisées pour manipuler les couches et les équations qui seront utilisées pour calculer la qualité potentielle de l'habitat.

G Répéter le processus pour chaque menace.

Exemple : La menace de la chasse de subsistance

- Population humaine
- Distance au marché (pour le poulet et le bœuf)
- Coûts de déplacement selon les types d'habitat

- Population humaine – recensements
- Distance au village – villages
- Coûts de déplacement selon les types d'habitat—utilisation des terres, couvert, routes, cours d'eau

- Population humaine sur 10 km – nombre de personnes (exemple simple)

OU

- Coût-distance (temps de transport depuis le village pondéré par la population du village—voir **Leçons apprises 9**)

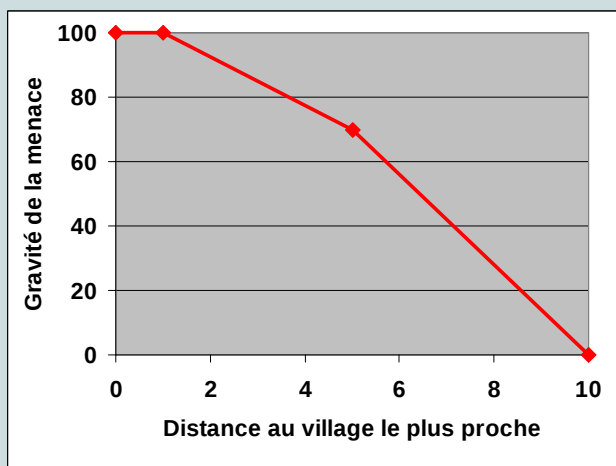
- Voir l'exemple simple ci-dessous

OU

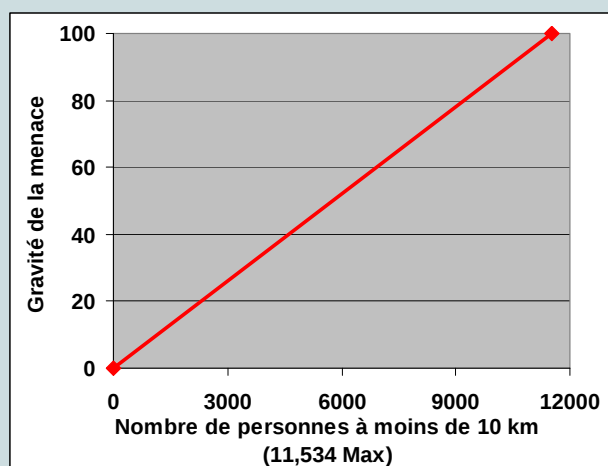
- Utiliser la relation définie par la modélisation ArcInfo coût-access (cost-access) (voir **Leçons apprises 9**)

- Voir **Leçons apprises 7 & 9**

- La gravité est la plus importante (100) entre 0 et 1 km, diminue de façon linéaire jusqu'à 70 entre 1 et 5 km, puis atteint 0 à 10 km.



- La gravité de la menace augmente avec la population humaine à moins de 10 km.



Etape 2. Recueillir des informations sur les menaces. Pour les Paysages des Menaces, une grande partie des données viendra de cartes et d'informations collectées au cours de l'évaluation des activités humaines (*voir Manuel technique 1*), des critères de sélection des espèces-paysage (en particulier le score de vulnérabilité), des spécialistes des espèces et des autres experts travaillant dans la zone (par exemple les gardes). Nous recommandons d'incorporer les informations et les cartes de l'évaluation des activités humaines dans les modèles de menace de la même façon que l'on incorpore les données de terrain dans les modèles biologiques : les utiliser pour guider et valider les modèles, sans s'y fier entièrement. Lors de l'interprétation des informations provenant de l'évaluation des menaces, plusieurs points doivent être gardés à l'esprit :

Tout d'abord, pour la création des Paysages des Menaces, on produit typiquement des paysages pour les menaces directes (celles ayant un impact direct sur les espèces et leur répartition) plutôt que pour les menaces indirectes (telles que l'accès ou l'absence de gestion) qui modifient la gravité ou la distribution spatiale des menaces directes. Toutefois, il faut utiliser les menaces indirectes pour aider à modéliser la distribution spatiale des menaces directes.

Ensuite, si la plupart des menaces importantes pour l'ensemble du paysage ont été listées lors de l'atelier, certaines menaces importantes pour une espèce donnée ont pu être oubliées. Il faut réfléchir aux activités importantes pour chaque espèce-paysage et les ajouter aux menaces qui touchent l'ensemble du paysage.

Enfin, les cartes obtenues lors des ateliers contiennent des informations précieuses, mais elles sont imparfaites pour la création des modèles car elles : (1) n'ont généralement pas une bonne résolution spatiale, (2) sont généralisées à l'ensemble du système ou à des groupes d'espèces, (3) reflètent souvent les biais liés aux zones connues par les populations locales, et manquent d'information pour les sites peu fréquentés, et (4) peuvent ne refléter que la présence/absence d'une menace, mais non sa gravité relative d'un site à un autre. L'objectif est donc de transformer les informations recueillies lors des ateliers pour qu'elles reflètent précisément la distribution des menaces dans le paysage.

Etape 3. Dégager les grandes lignes du modèle pour chaque menace. Comme pour les Paysages Biologiques, nous suggérons de dégager une structure globale, cette fois en visant les variables qui affectent la distribution spatiale et la gravité des menaces. Il faut examiner chaque menace, sans travailler espèce par espèce. Puis, lors des étapes 4-8, on pourra appliquer la menace spécifiquement à chaque espèce. *Voir Leçons apprises 8* pour un exemple.

REMARQUE : Si le patron spatial d'une menace est très différent pour une espèce donnée, on peut décider de dégager la structure globale séparément pour chaque espèce.

Etape 4 : Ouvrir ArcView et créer le modèle ! Voir les conseils donnés au sujet des Paysages Biologiques.

Etape 5 : Appliquer les modèles de menaces généraux à chaque espèce, en termes de réduction de la qualité d'habitat. Si les Paysages de Menaces sont généraux, les appliquer séparément à chaque espèce (*voir Figure 7*). Cela implique de lier la gravité des menaces aux réductions de qualité d'habitat pour chaque espèce. Une façon simple d'y parvenir est de multiplier l'ensemble du paysage par une constante représentant la gravité de la menace pour l'espèce en question. Par exemple, à l'endroit où elle est la plus grave, la chasse peut réduire la qualité de l'habitat pour les éléphants de 90%. Pour les bongos cependant, la chasse ne réduira la qualité des habitats que de 50% au même endroit. Le coefficient sera donc de 0,9 pour les éléphants et de 0,5 pour les bongos.

Leçons apprises 9

Utiliser les analyses coût-distance et itinéraire-distance pour calculer l'accessibilité pour l'homme.

De nombreuses menaces sont basées sur l'accessibilité des sites du paysage pour l'homme. Par exemple, le risque d'être tué par un chasseur ou un braconnier dépend généralement en partie de la difficulté à aller d'un village à un site du paysage. Les autres menaces de ce type sont par exemple le risque de transformation des terres, le risque de feux ou même de maladies. Une façon simple de calculer le coût d'accès pour une destination est de calculer la distance euclidienne (en ligne droite) entre le point de départ (par exemple une ville) et la destination, afin que les destinations les plus éloignées aient le coût de trajet le plus élevé (et donc aient une pression de chasse moindre). Un mode de calcul plus réaliste des coûts de déplacement peut être d'inclure également la facilité relative à se déplacer dans certains types d'habitats. Les destinations nécessitant de traverser des marécages sont plus difficiles à atteindre que celles qui peuvent être atteintes par la route. Ce type d'analyse peut être effectué avec ArcView en utilisant l'extension "Cost Distance" (disponible gratuitement auprès de l'ESRI). Des modèles encore plus réalistes de coût d'accès peuvent être obtenus en utilisant ArcInfo Grid (commande pathdistance), qui inclut davantage de facteurs jouant sur le coût de déplacement, tels que la topographie ou la direction des flux (courant, vent etc.) Nous présentons ci-dessous un exemple d'utilisation d'un modèle coût-distance pour la menace représentée par la chasse.

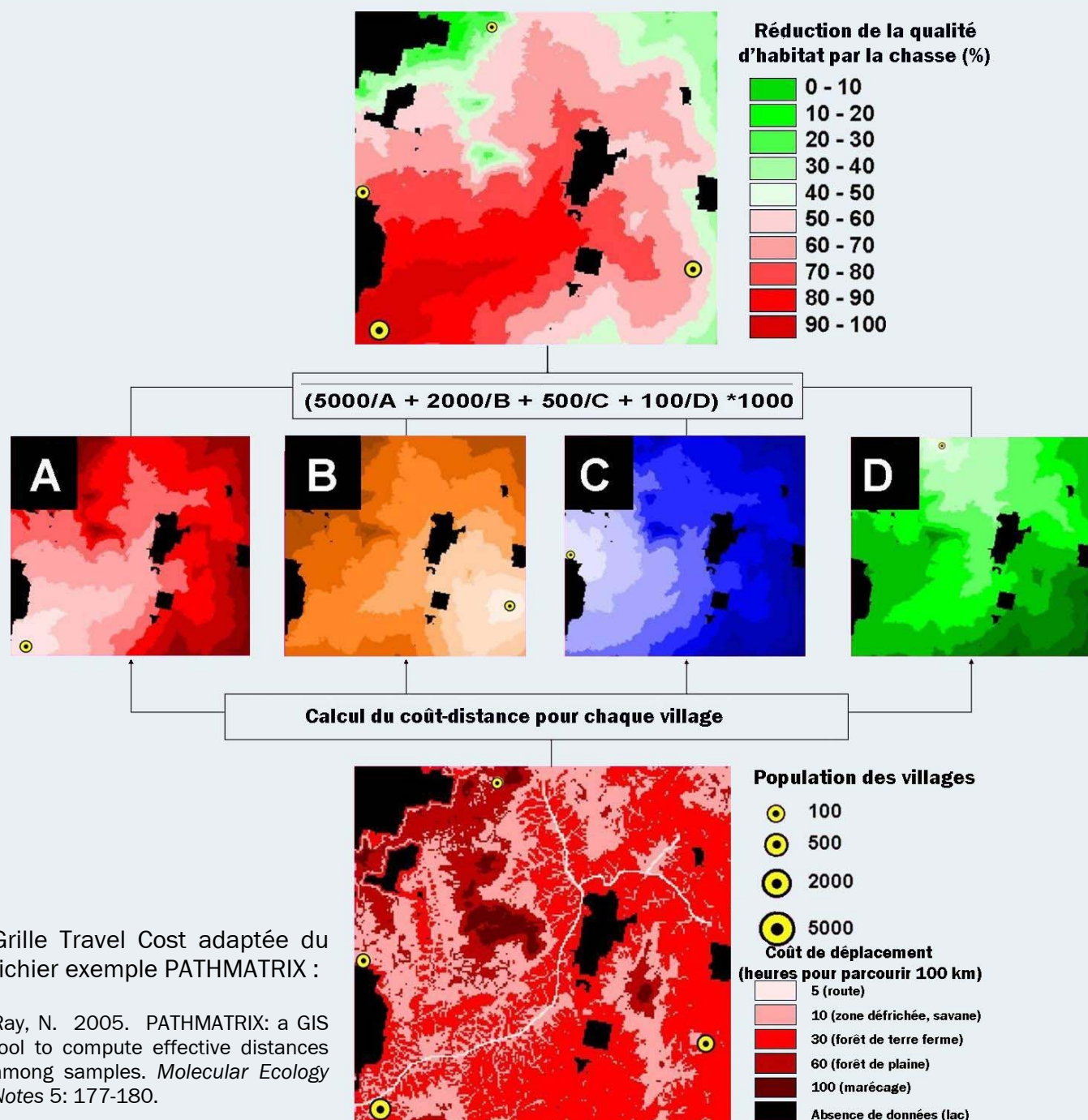
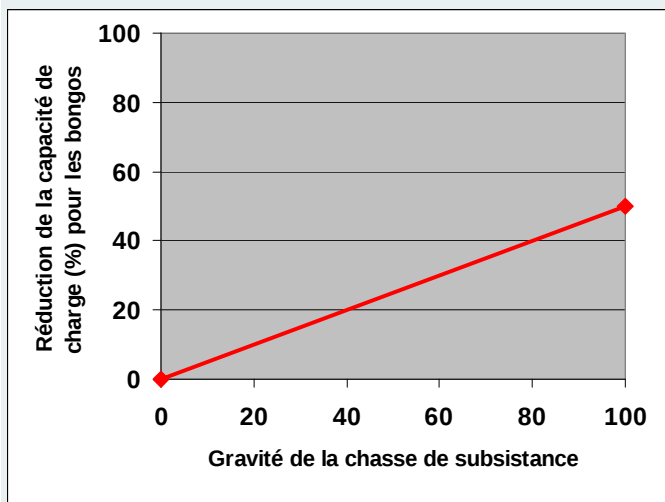


Figure 7. Lier la gravité de la menace à la réduction de la qualité de l'habitat pour chaque espèce-paysage
 Pour convertir les Paysages des Menaces généraux en Paysages pour chaque espèce, il peut suffire de multiplier le Paysage général (donnant la menace sur une échelle relative de 0 à 100) par une constante. Par exemple, là où elle est la plus grave dans le paysage, la chasse de subsistance réduit la qualité des habitats pour les bongos de 50%.



Etape 6 : Créer un Paysage des Menaces Combiné. Pour chaque espèce-paysage, créer un Paysage des Menaces Combiné représentant la réduction totale de la qualité des habitats par toutes les menaces (*voir un exemple dans les Leçons apprises 3*). Le calcul du Paysage des Menaces Combiné variera selon les cas, mais il se fait généralement par une moyenne pondérée des menaces, où les coefficients de pondération sont égaux à l'impact moyen de la menace sur l'espèce-paysage (cela peut être le score de vulnérabilité moyen de la sélection de l'espèce-paysage). Si les modèles de menace sont construits de façon à représenter des pourcentages de réduction de la qualité des habitats, l'équation peut être semblable à ceci :

% de la réduction totale de la qualité de l'habitat (échelle 0 à 100) =

$$100 - \left\{ \frac{(100 - \text{Menace}_1) * (100 - \text{Menace}_2) * (100 - \text{Menace}_3)}{100^{i-1}} \right\}$$

Avec i le nombre de menaces.

Par exemple, si trois menaces ont indépendamment réduit la qualité des habitats de 90%, 50%, et 10% respectivement (comme dans les *Leçons apprises 3*), alors la réduction totale de la qualité de l'habitat sera :

$$100 - \left\{ \frac{(100 - 90) * (100 - 50) * (100 - 10)}{100^2} \right\} = 95.5\%$$

Etape 7 : Superposer les Paysages Biologiques et les Paysages des Menaces Combinés. Si les menaces actuelles ont été séparées des menaces futures, il faut pouvoir calculer une couche « qualité actuelle de l'habitat » en multipliant le Paysage des Menaces passé (« % de la réduction totale de la qualité de l'habitat » ci-dessus) avec le Paysage Biologique (*voir Leçons apprises 3*) :

Qualité actuelle de l'habitat = (Qualité potentielle de l'habitat) * (100 - % Réduction totale de la qualité de l'habitat)

Etape 8. Prendre quelques jours de repos bien mérités.

Conclusions

Et maintenant ? Maintenant que l'on dispose de cartes correctes de la répartition potentielle des espèces et de l'impact des menaces, il faut commencer à se demander comment utiliser ces informations pour établir des priorités sur les endroits où il convient de travailler dans le paysage. Les modèles devraient aider à décider des actions à entreprendre ainsi qu'à concevoir des schémas de suivi pratiques. La collecte de données de terrain pour tester et affiner les modèles et les décisions de conservation sont au cœur de la gestion adaptative.

Pour créer des Paysages de Conservation (c'est-à-dire une carte présentant les priorités de conservation), les Paysages Biologiques et ceux des Menaces sont certainement nécessaires. On peut également décider d'inclure des informations sur le coût de la conservation et d'autres, plus floues, sur les possibilités de conservation,

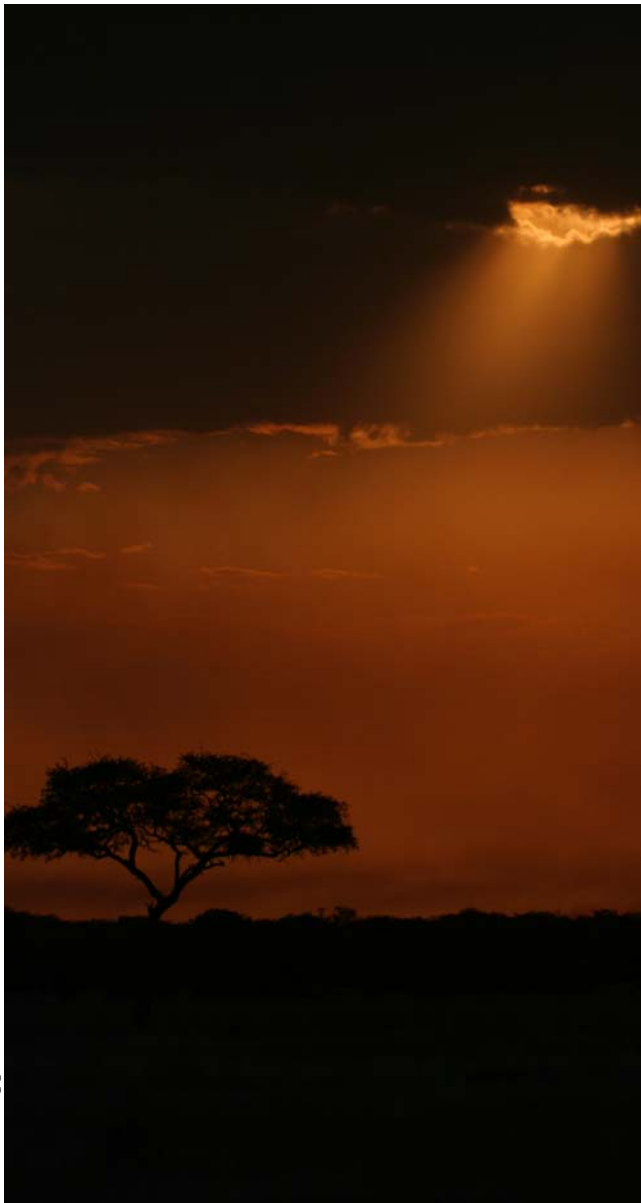
les défis et l'histoire du paysage. Le Programme Paysages Vivants développe activement des méthodes pour cartographier les priorités de conservation dans l'espace, y compris par l'utilisation de logiciels tels que Marxan (Ball et Possingham 2000) et C-Plan (New South Wales 2001) afin de faciliter des prises de décisions complexes. Gardez un œil sur le site de Paysages Vivants pour surveiller la parution de nouveaux Bulletins Techniques sur la construction des paysages de conservation.

Lectures additionnelles

- Ball, I., & H. Possingham. 2000. Marxan: Marine reserve design using spatially explicit annealing, a manual. URL: <<http://www.ecology.uq.edu.au/index.html?page=27710>>
- Beckmann, J.P., & J. Berger. 2003. Using black bears (*Ursus americanus*) to test ideal-free distribution models experimentally. *Journal of Mammalogy* 84(2): 594-606.
- Carroll, C., M.K. Phillips, N.H. Schumaker, & D.W. Smith. 2003. Impacts of landscape change on wolf restoration success: planning a reintroduction program using dynamic spatial models. *Conservation Biology* 17: 536-548.
- Coppolillo, P., H. Gomez, F. Maisels, and R. Wallace. 2004. Selection criteria for suites of landscape species as a basis for site-based conservation. *Biological Conservation* 115(3): 419-430.
- Ferraro P.J. and Pattanayak, S.K. 2006. Money for nothing? A call for empirical evaluation of biodiversity conservation investments. *PLOS Biology* 4(4): 482-288.
- Guisan, A. and N.E. Zimmerman. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135: 147-186.
- Manly, F.J., McDonald, L.L, Thomas, D.L., T.L. McDonald, and W. P. Erickson. 2002. Resource selection by animals: statistical design and analysis for field studies, second edition. Kluwer Academic Publishers, Dodrecht, Netherlands.
- New South Wales National Parks and Wildlife Service. 2001. C-Plan, conservation planning software, user's manual. URL: <<http://members.ozemail.com.au/~cplan/>>
- Pearce, J.L., K. Cherry, M. Drielsma, S. Ferrier, & G. Whish. 2001. Incorporating expert opinion and fine-scale vegetation mapping into statistical models of faunal distribution. *Journal of Applied Ecology* 38: 412-424.
- Pulliam, H.A. 1988. Sources, sinks, and population regulation. *American Naturalist* 132(5): 652-661.
- Schumaker, N.H. 1998. A user's guide to the PATCH model. EPA/600/R-98/135. U.S. Environmental Protection Agency, Environmental Research Laboratory, Corvallis, Oregon. URL: <<http://www.epa.gov/wed/pages/models/patch/patchmain.htm>>
- Sanderson, E.W., K.H. Redford, A. Vedder, P.B. Coppolillo, & S.E. Ward. 2002. A conceptual model for conservation planning based on landscape species requirements. *Landscape and Urban Planning* 58: 41-56.
- Scott, J.M., P.J. Heglund, M.L. Morrison, J.B. Haufler, M.G. Raphael, W.A. Wall, & F.B. Samson. 2002. Predicting species occurrences: issues of accuracy and scale. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Van Horne, B. 1983. Density as a misleading indicator of habitat quality. *Journal of Wildlife Management* 47(4): 893-901.
- U.S. Fish and Wildlife Service. 1981. Standards and development of habitat suitability models for use in habitat evaluation procedures. USDA Fish and Wildlife Service, Division of Ecological Services, publication ESM 103, Washington, D.C., USA.



© Karl Didler/WCS



Cette publication a été rendue possible grâce au généreux soutien du peuple américain, à travers l'United States Agency for International Development (USAID) Cooperative Agreement LAG-A-00-99-00047-00. Le contenu est sous la responsabilité du Programme Paysages Vivants de WCS et ne reflète pas nécessairement les points de vue de l'USAID ou du gouvernement des Etats-Unis.

Contact

Dr. Karl Didier
Living Landscapes Program
Wildlife Conservation Society
2300 Southern Blvd., Bronx, NY 10460 USA
Email: kdidier@wcs.org

Les manuels du Programme Paysages Vivants

WCS-International sauvegarde les espèces et les espaces naturels par la compréhension et la résolution des problèmes cruciaux menaçant les espèces clés et les grands écosystèmes sauvages du monde entier. Notre personnel de terrain étudie ce qui conduit les besoins des espèces sauvages à entrer en conflit avec ceux des hommes. Il mène des actions avec ses partenaires pour empêcher ou limiter les conflits menaçant les espèces et leurs habitats. Aider le personnel de terrain à prendre les meilleures décisions possibles est un objectif central du Programme Paysages Vivants.



Nous sommes persuadés que pour que les projets de conservation soient vraiment efficaces, il faut : (1) être explicite sur ce que l'on veut conserver, (2) identifier les menaces les plus importantes et leur localisation dans le paysage, (3) planifier stratégiquement les interventions pour aider à combattre les menaces les plus graves, et (4) mettre en place un processus de mesure de l'efficacité des actions de conservation, et utiliser ces informations pour guider les décisions. Avec les projets sur le terrain, le programme Paysages Vivants développe et teste un ensemble d'outils d'aide à la décision, conçus pour aider le personnel sur place : sélectionner les cibles, cartographier les menaces clés, préparer une stratégie de conservation et développer un cadre de suivi.

L'application de ces outils est décrite dans une série de brefs manuels techniques disponibles par email auprès de conservationssupport@wcs.org. Ces guides sont conçus pour fournir des instructions claires et pratiques. Si vous avez utilisé un manuel pour effectuer un exercice de planification stratégique, nous serons heureux de recevoir vos suggestions pour améliorer ces instructions.