

# Planification de la conservation de la biodiversité : quels outils pour formaliser et modéliser les interactions nature - société? Application à l'île de La Réunion

ERWANN LAGABRIELLE\*, LAURENT DURIEUX, MARC ROBIN, THOMAS LE BOURGEOIS,  
SIGRID AUBERT, AURÉLIE BOTTA, JULIEN BARDE, DOMINIQUE STRASBERG

\*UMR 53 PVBMT Cirad - Université de La Réunion

Pôle de Protection des Plantes - 7 chemin de l'Irat 97410 Saint-Pierre, France [Erwann.lagabrielle@cirad.fr](mailto:Erwann.lagabrielle@cirad.fr)

## RÉSUMÉ :

Dans un contexte d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale, la planification de la conservation vise à identifier des aires prioritaires pour les actions de conservation. Dans un premier temps, nous proposons une revue synthétique des approches et des outils de planification de la conservation depuis les plans *ad hoc* jusqu'aux récents développements des approches systémiques. Dans une seconde partie, nous montrons la nécessité de développer des stratégies de co-planification de la conservation, nous abordons en particulier la place des acteurs et des scientifiques ainsi que le rôle des modèles au sein de ce processus. Les récents développements d'un plan régional de conservation de la biodiversité à La Réunion illustrent cette communication.

## MOTS CLÉS :

Planification de la conservation, Approche participative, Logiciel Marxan, Hot spot de biodiversité, La Réunion

## ABSTRACT:

In a context of global erosion of biodiversity, the aim of conservation planning is to identify priority areas for *in situ* conservation actions. We first propose a short review of conservation planning tools and approaches, from *ad hoc* to systematic approaches. In the second part, we reach on the need to develop new strategies for conservation co-planning. We focus here on the role of scientists, stakeholders and model within the participative framework. The new developments of a regional conservation plan in La Réunion are illustrating this communication.

## KEY WORDS:

Conservation planning, Participative framework, Marxan software, Biodiversity hotspot, La Réunion

## 1. Introduction

La survie à long terme et le bien être de l'humanité dépendent de la conservation de la biodiversité mondiale. La conservation *in situ* est un moyen de garantir la transmission de ce patrimoine biologique. Notre définition de la conservation de la biodiversité intègre tout mode de gestion garantissant la persistance des entités de biodiversité et des processus écologiques et évolutifs dont ces entités dépendent. Partant du constat que les pressions sur la biodiversité ne montrent aucun fléchissement et que les ressources des actions de conservation sont limitées, la planification de la conservation vise à définir des aires prioritaires pour ces actions. Nous effectuons tout d'abord i) une revue synthétique des approches et des outils de planification de la conservation, nous soulignons ensuite ii) la nécessité d'une co-planification de la conservation et enfin, nous proposons iii) une illustration de cette approche à La Réunion.

- 2 Planification de la conservation et biodiversité : quels outils pour formaliser et modéliser les interactions nature-société ?  
Application à l'île de La Réunion

## 2. Revue synthétique des approches et des outils de planification de la conservation

### 2.1 Historique

La création du premier parc national en 1872 (Yellowstone, USA) montre la prise de conscience de l'importance de la conservation à l'échelle des habitats et des paysages et non plus uniquement à l'échelle des espèces. Jusqu'au milieu du 20<sup>ème</sup> siècle, le choix du site d'implantation des zones de conservation et la délimitation de leurs frontières sont généralement régis par des processus de décision *ad hoc*, non explicites. La création des aires de conservation est ainsi intervenue principalement dans des espaces soumis à de très faibles pressions anthropiques. Ces choix ont entraîné la création de territoires de conservation non représentatifs de la diversité biologique et non pérennes car n'intégrant pas l'ensemble des processus écologiques et évolutifs nécessaires à la persistance de ces écosystèmes (Margules et Pressey, 2000).

A partir des années 1970, accompagnant une prise de conscience de l'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale, des méthodes de planification ont été élaborées pour adopter une vision synoptique de la planification de la conservation. La méthode du *Gap Analysis* (Jenning, 2000) vise à identifier les mailles défectueuses du "filet géographique de la conservation" (Grenier, 2000) en comparant, par superposition, le réseau d'aires protégées existant et les enjeux de conservation. Récemment développé et appliqué en Afrique du Sud et en Australie, le *Systematic Conservation Planning* (Margules et Pressey, 2000) a pour objectif de définir une *constellation* d'aires de conservation représentatives et garantes de la pérennité de la biodiversité d'une région, en prenant en compte le système d'aires de conservation existant, les enjeux de conservation et les pressions actuelles et futures sur ces enjeux. L'apport de cette démarche est de proposer un processus explicite de conservation, spatialisé, argumenté et donc défendable, à même de favoriser l'implémentation (*i.e.* la mise en œuvre) du plan élaboré (Balmford, 2003). Nous présentons ci-dessous les concepts théoriques et les outils mobilisés à chacune des trois étapes génériques de la construction d'un plan de conservation (Figure 1) : i) l'évaluation des enjeux et des pressions, ii) la définition de priorités de conservation et iii) l'implémentation du plan. Le processus de planification de la conservation est cyclique et itératif, il s'appuie sur une représentation des systèmes écologiques et des systèmes sociaux dans l'espace géographique.

### 2.2. Phase 1 : Evaluation des enjeux de conservation et des pressions sur ces enjeux

Pour évaluer les enjeux de conservation de la biodiversité, nous ne disposons pas d'un inventaire exhaustif du monde vivant pour tous les lieux et à toutes les échelles, il est donc nécessaire de construire des indicateurs de biodiversité. D'un point de vue strictement écologique, il existe deux types d'indicateurs de biodiversité (Sarkar et Margules, 2002). Les indicateurs d'ordre 1 sont les paramètres d'évaluation de la biodiversité : il s'agit généralement de la richesse spécifique, d'assemblages d'espèces, d'unités de paysage voire plus largement de zones de diversité du vivant. Ces indicateurs peuvent être mobilisés simultanément. Les indicateurs d'ordre 2 sont les estimateurs de ces paramètres : il s'agit généralement de la composition spécifique, de la composition de taxons supérieurs ou de la composition de groupes d'espèces (oiseaux, plantes, etc...). Ces données sont généralement ponctuelles, non exhaustives et leur distribution spatiale présente d'importants biais. D'autres indicateurs d'ordre 2 sont donc élaborés à partir des composantes environnementales et des types de végétation. Le choix entre ces indicateurs dépend du contexte écologique, des moyens, du temps et des données disponibles pour la phase d'évaluation. Une combinaison d'indicateurs d'ordre 2 est généralement réalisée pour approcher les enjeux de conservation à l'échelle des habitats et des espèces (Strasberg *et al.*, 2005).

L'approche des enjeux de conservation a récemment été renforcée par une prise en compte des processus écologiques et évolutifs qui garantissent la pérennité des entités de biodiversité (Rouget *et al.*, 2003). L'évaluation des enjeux de conservation peut également être complétée par une évaluation des services rendus par les écosystèmes (Daily *et al.*, 2000).

Les principales pressions d'origine anthropique sur la biodiversité sont l'urbanisation, l'agriculture, les espèces envahissantes, les usages non durables de la biodiversité et le changement climatique global. Ces pressions conduisent à la destruction des entités de biodiversité (par changement d'allocation spatiale) ou à leur transformation (en altérant leur fonctionnement). La nécessaire prédiction de ces pressions repose sur une connaissance de leur identité et de leur fonctionnement (intensité, localisation, cinétique).

Les outils de la géomatique sont pertinents pour représenter, stocker et analyser dans un référentiel commun les informations sur les enjeux de conservation et les pressions sur la biodiversité. Ces informations peuvent être issues directement du terrain, de dires d'expert ou extraites d'images de télédétection (satellites ou aériennes). Les SIG offrent également la possibilité de combiner des approches spatialisées et modélisatrices (couplage avec

un Système Multi Agents) afin de simuler l'évolution des interactions entre écosystème et sociosystème (Blandin, 2004).

### 2.3. Phase 2 : Identification des priorités de conservation

La planification de la conservation, selon une démarche explicite, doit être guidée par des objectifs quantitatifs de conservation (Margules et Pressey, 2000). Les principes généraux guidant la définition des objectifs de conservation sont: a) la *représentativité* qui pose comme objectif d'intégrer dans un système spatial d'aires de conservation, au moins une fois chaque type d'entité de biodiversité, b) la *complémentarité* qui implique de protéger des entités encapsulant des entités complémentaires de biodiversité, c) la *persistance* qui vise à établir un système durable de conservation prenant en compte les processus écologiques et évolutifs et d) l'*efficacité* dont l'objectif est d'établir ce système au moindre coût (économique mais également social).

Des algorithmes statistiques couplés à des interfaces SIG ont été développés pour définir des réseaux d'aires de conservation optimaux selon les principes guidant le plan de conservation. Parmi les nombreux logiciels proposant ces algorithmes d'optimisation, C-PLAN et MARXAN (et son interface SIG CLUZ) sont les logiciels les plus utilisés actuellement (Ball et Possingham, 2000).

### 3.4. Phase 3 : Implémentation du plan de conservation

L'implémentation du plan de conservation recouvre toutes les actions visant à conserver effectivement la biodiversité sur les aires prioritaires identifiées lors de la phase 2 du plan. Ces actions se déclinent suivant un continuum allant de la conservation intégrale jusqu'à la mise en œuvre de modes de gestion durables intégrés aux activités humaines (agricoles en particulier) et assurant la pérennité des entités de biodiversité et des processus écologiques et évolutifs. Il existe actuellement une "crise de l'implémentation": seuls 10 % des plans de conservation ayant fait l'objet de publication ont été effectivement appliqués (Younge et Fowkes, 2003). Cette crise trouve ses racines dans le manque de réalisme de certains plans de conservation (pas de prise en compte des interactions entre nature et société), dans la faiblesse des moyens économiques et humains dédiés à cette phase et dans l'absence d'objectifs de conservation clairement définis. Englobant l'ensemble de ces facteurs, la carence de participation des acteurs locaux à la définition du plan de conservation semble aujourd'hui être un élément explicatif récurrent de cette "crise". Cowling (2005) résume ces considérations en affirmant que si l'objectif final de la biologie de la conservation est de favoriser la conservation effective alors cette approche doit reconnaître la nécessaire intégration des sciences sociales dans son champs de recherche pour analyser et mettre au point des mécanismes collectifs de prise de décision visant à favoriser la mise en oeuvre des plans de conservation.

## 3. Co-planification de la conservation

### 3.1. Posture

La co-planification est une approche participative de la planification. Les méthodes participatives sont ici envisagées comme une réponse à la "crise de l'implémentation". Cette approche s'intègre dans un positionnement d'utilité sociale de la science. L'aspect interdisciplinaire est inhérent à cette démarche et permet de s'extraire d'un canevas disciplinaire et social sectorisé qui contraint ou limite l'action (d'après Barré, 2004).

Co-construire un plan de conservation avec et pour des acteurs locaux et non contre eux (Brown, 2003, Grenier, 2000) implique de repenser l'approche du projet de conservation en reconnaissant comme légitime la participation des acteurs du développement local au processus de planification de la conservation (Cowling, 2005). La co-planification repose sur la consultation régulière d'un même groupe d'acteurs afin d'élaborer des options de planification. Barrow (in Venter et Breen, 1998) identifie deux types d'approches participatives de la gestion de la conservation et, par extension, de la planification de la conservation : la gestion basée uniquement

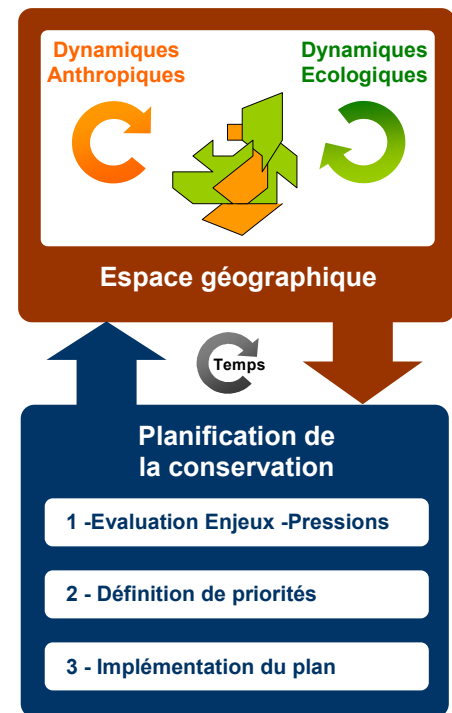


Figure 1 : Etapes génériques de la planification de la conservation.

sur les communautés locales et la gestion collaborative (association gestionnaire – communauté locale). Cowling (2005) souligne l'importance d'un accompagnement scientifique du processus. L'approche repose sur l'hypothèse de l'existence d'une surface de recouvrement des zones d'intérêt entre les différents acteurs du processus (Figure 2).

Les limites des approches participatives sont généralement liées à la faible légitimité du porteur du processus, à la faible disponibilité des acteurs, à la lenteur du processus, au refus de participation de certains acteurs clés et à l'absence de garanties quant à l'émergence de solutions concrètes. La mise en œuvre d'un processus réellement participatif implique la reconnaissance, par l'ensemble de acteurs du processus, de la légitimité de points de vue divergents, profanes ou scientifiques, sur les choix de planification de la biodiversité. L'initiation d'une démarche participative se fait idéalement dès la phase d'identification des enjeux de conservation avec l'ensemble des acteurs concernés, ceci maximisant les chances d'implémentation du plan de conservation (Knight *et al.*, 2006).

### 3.2. Stratégies, outils et méthodes

La mise en œuvre d'une approche participative de la planification de la conservation implique l'utilisation de méthodes et d'outils favorisant l'interaction entre les acteurs du processus, l'expression et la formalisation des représentations.

La co-construction de modèles d'interactions entre écosystème et sociosystème sur l'aire concernée par le plan de conservation peut constituer la colonne vertébrale du processus de co-planification de la conservation (d'après Etienne *et al.*, 2003) : la construction du modèle vise à produire des connaissances et à partager les points de vue (Van Der Leeuw, 2004). Le modèle est alors considéré comme un outil d'accompagnement de la décision collective et non comme un outil fournissant « la bonne décision » (Antona *et al.*, 2005).

La mise en œuvre d'une approche participative du plan de conservation implique la définition d'une stratégie de mobilisation des acteurs et le choix d'une structure porteuse du processus participatif. Il s'agit généralement d'une institution en charge de la conservation *in situ* et dont la légitimité est reconnue par l'ensemble des acteurs. Idéalement, les acteurs impliqués dans le processus participatif peuvent choisir leur niveau de participation (Younge et Fowkes, 2003). Un large éventail d'outils peut être mobilisé au cours de la démarche de co-planification : les représentations graphiques des systèmes complexes -diagrammes UML, chorèmes - les SIG, couplés à des systèmes multi-agents, les jeux de rôles, etc.

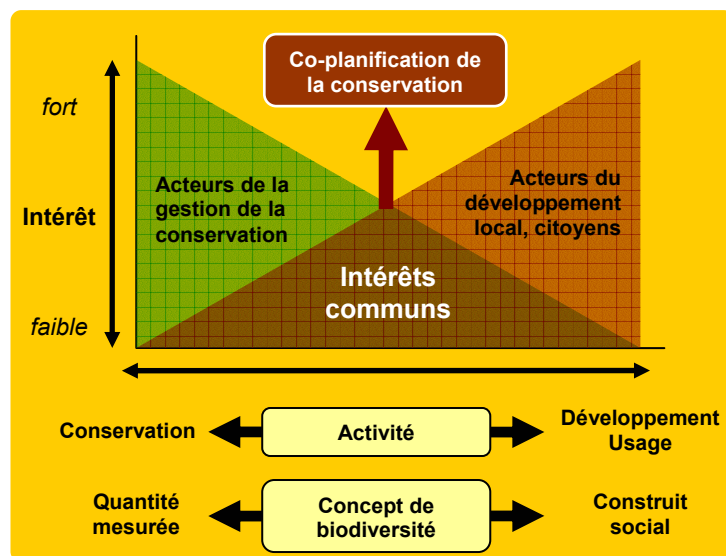


Figure 2 : Représentation de la surface de recouvrement des intérêts des acteurs du processus de co-planification de la conservation. Le concept de biodiversité est appréhendé comme un construit scientifique (quantité mesurée) ou comme un construit social (adapté de Venter *et al.*, 1998)

### 4. Cas d'application : planification de la conservation de la biodiversité à l'île de La Réunion

Nous mettons en œuvre une démarche de planification de la conservation de la biodiversité à la Réunion (océan indien) en collaboration avec des chercheurs sud-africains. Cette petite île océanique est le support d'une biodiversité endémique exceptionnellement bien préservée. La Réunion appartient à l'un des 34 « hot spots » mondiaux de biodiversité (Mittermeier *et al.*, 2005). Les espaces naturels de l'île sont soumis à d'importantes pressions liées à une forte croissance démographique et à un rapide développement socio-économique.

La légitimité du projet tient à son appropriation par la mission du futur Parc National et la Commission Scientifique Régionale du Patrimoine Naturel (plateforme d'expertise interdisciplinaire). Les informations géographiques relatives aux enjeux de conservation et aux pressions sont structurées et stockées dans un SIG. Nous disposons d'une carte des habitats naturels (Strasberg, 2005) et de la distribution spatiale de quelques espèces. Un modèle basé sur un système multi-agents acteurs/espace permettra d'anticiper l'évolution du territoire et donc l'évolution des pressions sur la biodiversité. Un modèle de distribution spatiale des espèces envahissantes a également été réalisé, il permet de définir l'aire maximale de distribution de 30 espèces

envahissantes (Baret *et al.*, 2004). Le logiciel Marxan (Ball et Possingham, 2000) sera utilisé pour compiler ces informations et identifier des priorités de conservation de la biodiversité à La Réunion, en fonction de la valeur d'irremplaçabilité des unités spatiales de planification, des processus écologiques et évolutifs dont ces entités dépendent et des pressions actuelles et futures sur les écosystèmes.

## 5. Conclusion

Depuis vingt ans, les efforts de développement méthodologique dans le domaine de la planification de la conservation ont été guidés par le "graal" de la biodiversité avec des approches toujours plus fines et complexes pour évaluer les enjeux de conservation et les pressions. Cependant, aussi perfectionné soit-il, aucun outil de modélisation n'a jamais implémenté un plan de conservation. Nous nous trouvons face à un problème dont la solution n'est pas uniquement d'ordre technique (Hardin, 1968). Dans un contexte de "crise de l'implémentation", les enjeux de recherche se situent désormais au niveau du développement de stratégies interdisciplinaires et participatives de co-planification de la conservation. De ce point de vue, la démarche de modélisation d'accompagnement constitue une approche particulièrement pertinente pour modéliser les interactions nature-société.

## 6. Bibliographie

- Antona, M., D'Aquino, P., Aubert, S., Barreteau, O., Boissau, S., Bousquet, F., Daré, W., Etienne, M., Le Page, C., Mathevet, R., Trébuil, G., Weber, J., 2005. La modélisation comme outil d'accompagnement. *Natures Sciences Sociétés*, Vol. 13, p. 165-168.
- Ball, I. R., Possingham, H. P., 2000. MARXAN (V1.8.2): Marine Reserve Design Using Spatially Explicit Annealing, a Manual.
- Balmford, 2003. Conservation planning in the real world: South Africa is showing the way. *Trends in Ecology and Evolution*, Vol. 18, N°9, p. 435-438.
- Baret, S., Rouget, M., Nanni, I., Le Bourgeois, T., 2004. Proceedings of a workshop on biodiversity dynamics on La Réunion Island. Workshop on biodiversity dynamics on La Réunion Island, 29 November - 4 December 2004, Saint Pierre, La Réunion.
- Barré, R., 2004. La science est morte, vive la science - Le nouveau contrat en la science et la société post-moderne : l'avènement de la recherche mode 2. *Natures, sciences, sociétés*, Vol. 12, N°1, p. 52-55.
- Blandin, P., 2004. Vers une évolution durable de l'anthroposystème. Colloque de Prospective Sociétés et environnements. INSU/CNRS (Département des Sciences de l'Homme et de la Société), Paris.
- Brown, K., 2003. Tree challenges for a real people-centred conservation. *Global Ecology & Biogeography*, Vol. 12, p. 89-92.
- Cowling, R. M., 2005. Maintaining the research-implementation continuum in conservation. [www.conbio.org/Publications/Newsletter/Archives/2005-9a-November/v12n4.rtf](http://www.conbio.org/Publications/Newsletter/Archives/2005-9a-November/v12n4.rtf)
- Daily, C., Soderqvist, T., Aniyar, S., Arrow, K. J., Dasgupta, P., Ehrlich, P. R., Folke, C., Jansson, A., Jansson, B.-O., Kautsky, N., Levin, S., Lubchenco, J., Karl-Göran, M., Simpson, D., Starett, D., Tilman, D., Walker, B., 2000. The value of nature and the nature of value. *Science*, Vol. 299, N°5478, p. 395-196.
- Etienne, M., Le Page, C., Cohen, M., 2003. A Step-by-step Approach to Building Land Management Scenarios Based on Multiple Viewpoints on Multi-agent System Simulations. <http://jasss.soc.surrey.ac.uk/6/2/2.html>
- Grenier, C., 2000. Conservation contre nature. Paris, IRD Editions, coll. Latitudes 23.
- Hardin, G., 1968. The Tragedy of the Commons. *Science*, Vol. 162, p. 1243-1248.
- Knight, A. T., Cowling, R. M., Campbell, B. M., 2006. An operationnal model for implementing conservation action. *Conservation Biology*, Vol. in press, p.
- Margules, C. R., Pressey, R. L., 2000. Systematic conservation planning. *Nature*, Vol. 405, p. 243-253.
- Mittermeier, R. A., da Fonseca, G. A. B., Hoffman, M., Pilgrim, J., Brooks, T., Gill, P. R., Mittermeier, C. G., Lamoreux, J., 2005. Hotspots revisited : Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions, CEMEX, Conservation International.
- Rouget, M., Cowling, R. M., Pressey, R. L., Richardson, D. M., 2003. Identifying spatial components of ecological and evolutionary processes for regional conservation planning in the Cape Floristic Region, South Africa. *Diversity and Distribution*, Vol. 9, p. 191-210.
- Sarkar, S., Margules, C., 2002. Operationalizing biodiversity for conservation planning. *Journal of Biosciences*, Vol. 27, N°4 (suppl. 2), p. 299-308.

6 Planification de la conservation et biodiversité : quels outils pour formaliser et modéliser les interactions nature-société ?  
Application à l'île de La Réunion

Strasberg, D., Rouget, M., Richardson, D. M., Baret, S., Dupont, J., Cowling, R. M., 2005. An assessment of habitat diversity, transformation and threats to biodiversity on Reunion Island (Mascarene Islands, Indian Ocean) as a basis for conservation planning. *Biodiversity and Conservation*, Vol. 14, N°12, p. 3015-3032.

Van Der Leeuw, G. M., 2004. Why model? *Cybernetics and Systems*, Vol. 35, N°2-3, p. 117-128.

Venter, A. K., Breen, M. B., 1998. Partnership forum framework: participative framework for protected area outreach. *Environmental management*, Vol. 22, N°6, p. 803-815.

Younge, A., Fowkes, S., 2003. The Cape Action Plan for the Environment: overview of an ecoregional planning process. *Biological Conservation*, Vol. 112, N°1-2, p. 15-28.