

RESTAURATION ECOLOGIQUE DE LA RESERVE DE L'ILE DE BAGAUD

SYNTHESE DES ACTIVITES 2012



Programme du Parc national de Port-Cros

Coordination scientifique du programme : Elise Krebs - IMBE



Ce programme est cofinancé par l'Union Européenne. L'Europe s'engage en PACA avec le Fonds européen de développement régional



Conservatoire du littoral



RESTAURATION ECOLOGIQUE DE LA RESERVE DE L'ILE DE BAGAUD : SYNTHESE DES ACTIVITES 2012

Rédaction : Elise Krebs (Ingénieur d'études, IMBE)

Responsable scientifique du programme : Eric Vidal (Maître de Conférences, IMBE)

Coordination : Elise Krebs & Annie Aboucaya (Réfèrent flore, PNPC)

Personnel IMBE impliqué dans le programme : Laurence Affre (Maître de Conférences), Lenka Brousset (Technicien), Elise Buisson (Maître de Conférence), Hélène De Méringo (Ingénieur d'études), Jean-Yves Meunier (Technicien entomologiste), Philippe Ponel (Chargé de recherche)

Date : Octobre 2012

Mots clefs : Restauration écologique, éradication, espèces invasives, *Carpobrotus* spp., *Rattus rattus*, protocoles scientifiques, Archipel des îles d'Hyères, Parc national de Port-Cros

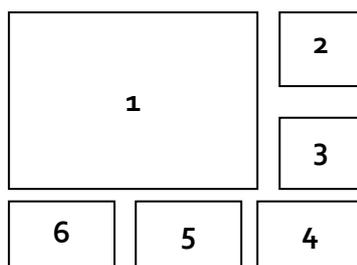
Résumé : L'île de Bagaud dans l'archipel des îles d'Hyères (Var, France) est une Réserve intégrale dépendant du Parc national de Port-Cros. Elle est soumise à deux perturbations majeures d'origine anthropique, l'invasion des Griffes de sorcière (*Carpobrotus* spp.) et du Rat noir (*Rattus rattus*), deux espèces exotiques connues pour leurs effets particulièrement néfastes sur la flore et la faune des écosystèmes méditerranéens. Dans un but de conservation de la biodiversité insulaire, et pour permettre à l'île de Bagaud de jouer pleinement son rôle de sanctuaire biologique, le Parc national de Port-Cros, en partenariat étroit avec l'IMBE, a lancé un programme décennal de restauration écologique qui implique l'éradication de ces espèces invasives. Outre les actions d'éradication, le programme prévoit l'établissement préalable d'un état zéro de la faune et de la flore, puis le suivi post-éradication d'un panel de taxons indigènes sur un pas de temps décennal selon des protocoles standardisés, légers et facilement reproductibles. Les actions d'éradication bénéficient de méthodologies précises mises au point par des études de faisabilité, des expérimentations préalables de restauration *in-situ*, et des conseils d'experts. La réalisation de ce programme est possible grâce à l'implication forte du Parc national de Port-Cros, de l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie marine et de nombreux partenaires financiers (Communauté européenne, Conservatoire du littoral, Fondation Total). Chaque année, le programme prévoit la rédaction d'un bilan d'activités qui permettra de réaliser ultérieurement un guide méthodologique scientifique et technique relatif à la mise en œuvre d'actions de restauration écologique au sein d'écosystèmes méditerranéens à l'intention des gestionnaires d'espaces naturels.

Crédit photo page de couverture :

Photo 1 : PNPC

Photo 2, 4, 5 et 6 : Elise Krebs

Photo 3 : Annie Aboucaya



REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé en collaboration étroite entre l'Institut Méditerranéen de Biodiversité et d'Ecologie marine et continentale (IMBE) et le Parc national de Port-Cros (PNPC), (Contrat d'étude n° 12-003 - 83400 PC intitulé « Coordination globale et scientifique de la Restauration écologique de l'île de Bagaud. Suivis scientifiques flore et végétation terrestres. Année 3 ». Il s'agit d'un programme pilote original, à la frontière entre science et conservation. Cette étude a été supervisée sur le plan scientifique par Eric Vidal (IMBE), Alain Barcelo (responsable du service scientifique du PNPC) et Annie Aboucaya (réfèrent flore terrestre, PNPC). Le chef de projet spécifiquement recruté par l'IMBE pour l'animation de ce programme est Elise Krebs.

- Nous remercions vivement tous les volontaires de l'IMBE ainsi que les bénévoles qui ont participé avec enthousiasme et générosité au programme de restauration écologique de l'île de Bagaud. Un grand merci à tout le personnel du Parc national de Port-Cros qui s'est investi activement sur de nombreux axes de travail du programme.

Personnel IMBE ayant participé au programme : Laurence Berville, Lenka Brousset, Elise Buisson, Emilie Egea, Elise Krebs, Jean-Yves Meunier, Hélène De Méringo, Aurélie Passetti, Daniel Pavon, Philippe Ponel, Coralie Santelli.

Personnel PNPC/CBNMED ayant participé au programme : Annie Aboucaya, Franck Alary, Katia Audemard, Julien Assante, Alain Barcelo, Lucas Bérenger, Nathalie Bigeard, Laurence Bonnamy, Carol Bongard, Benoît Caraty, Johann Cerisier, Jean-Yves Clou, Pascal Dehlinger, Danielle Forestier, Muriel Gasquy, Olivier Gavotto, Christel Gérardin, Pascal Gillet, Thierry Houard, Marie Jarin, Raynald Jaubert, Marion Peirache, David Poncin, François Rifflet, Rose-Abèle Viviani.

- Nous remercions vivement avec beaucoup de reconnaissance les personnes et associations qui nous apportent une aide significative en tant que bénévoles : M. Marc-André Thiébaud, M. Denis Gynouvès, l'association Naturoscope et son directeur M. Cyril Gombert et les eurobénévoles : Raphaëlla, Carla, Mona et Tina.

- Un grand merci aux partenaires financiers qui ont permis la réalisation et la sécurisation de ce programme :

L'Europe apporte son soutien financier au travers de fonds FEDER, outil financier de la politique régionale européenne, sur des axes variés du programme. Ainsi, ce dernier a participé au financement de l'étude de faisabilité et à la planification du programme. Il offre également son soutien sur les dépenses structurelles de l'opération et finance une grande partie des opérations d'éradication en cours.

La Fondation Total apporte les financements pour assurer la coordination générale et scientifique de l'opération à travers le financement d'un poste de chargée de mission dédiée à l'animation, à la gestion scientifique et organisationnelle du programme. Elle finance également les suivis scientifiques de divers groupes taxonomiques et participe également au soutien du volet communication.

Le Conservatoire de l'Espace Littoral et des Rivages Lacustres, propriétaire du site, finance également une partie très importante des éradications qui constituent, il est nécessaire de le rappeler, des opérations de gestion très coûteuses.

Le Parc national de Port-Cros finance les études scientifiques complémentaires du programme mais également des suivis sur plusieurs groupes taxonomiques et offre un temps agents très important.

- Enfin, nous souhaitons rendre hommage à M. Michel Pascal, biologiste expert spécialiste des invasions biologiques de renommée internationale, malheureusement récemment disparu. Il a assuré bénévolement la supervision de la dératification depuis le tout début du programme. Venu sur place avec son équipe, il a pris une part très active à la phase initiale de dératification en 2011, en assurant la formation de l'équipe spécifique et l'essentiel des dissections et l'analyse des presque 2000 rats piégés. Ensuite, il est resté en étroite relation pour nous conseiller sur l'évolution du protocole. Qu'il soit remercié pour son implication efficace et désintéressée dans ce programme, sa permanente disponibilité et son charisme.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
<i>I. Etudes et suivis scientifiques</i>	2
1. Suivi de la flore	2
2. Suivi de l'avifaune	4
3. Inventaire des chiroptères.....	5
4. Etude des arthropodes saprophages de la litière et du sol.....	5
<i>II. Etude des usages historiques</i>	6
<i>III. Eradications</i>	6
1. Dératisation.....	6
1. Eradication des Griffes de sorcière en situation accidentée.....	7
<i>IV. Biosécurité</i>	8
1. Prévention de la ré-invasion du Rat noir	8
2. Prévention de la ré-invasion des Griffes de sorcière	8
<i>V. Communication et vulgarisation scientifique</i>	10
BIBLIOGRAPHIE.....	11

INTRODUCTION

Les invasions biologiques constituent l'une des composantes des changements globaux et représentent l'une des menaces anthropiques majeures impliquées dans la crise actuelle d'érosion de la biodiversité. Elles constituent ainsi l'une des principales causes d'extinction d'espèces, tout particulièrement au sein des systèmes insulaires (ex. King, 1985 ; Honneger, 1981 ; Ceballos et Brown, 1995). En effet, les îles hébergent une richesse spécifique faible, un fort taux d'endémisme ainsi que des réseaux trophiques simplifiés (Cronk, 1997 ; Denslow, 2001 ; Drake *et al.*, 2002) conférant à ces systèmes écologiques une grande vulnérabilité aux invasions biologiques (Amori *et al.*, 2008 ; Sax et Gaines, 2008 ; Berglund *et al.*, 2009). Ainsi, les îles de la planète ont connu des phénomènes d'extinction d'origine anthropique particulièrement précoces et sévères et hébergent actuellement une part importante des espèces animales et végétales mondialement menacées ou récemment éteintes (ex. Ricketts *et al.*, 2005).

Le bassin méditerranéen, avec plusieurs milliers d'îles et d'îlots, est particulièrement concerné par ces divers constats. Le Rat noir, introduit de façon fortuite depuis plus de deux millénaires sur les îles méditerranéennes, est à l'origine de profondes modifications de l'entomofaune et de la flore (Palmer et Pons, 1996, 2001), mais également de l'avifaune (Penloup *et al.*, 1997) et tout particulièrement du cortège d'espèces d'oiseaux marins coloniaux (Martin *et al.*, 2000 ; Pascal *et al.*, 2008). Les Griffes de sorcière, introduites au XIX^e siècle sur les îles méditerranéennes pour l'ornement et la stabilisation des sols, comptent quant à elles parmi les végétaux les plus envahissants du littoral méditerranéen. Lambinon (1997), dans sa synthèse sur les invasions biologiques en Europe, les qualifie de « plantes les plus redoutables remplaçant le cas échéant la végétation spontanée par un liseré quasi monophytique ». A proximité des côtes provençales, les 80 îles et îlots de Provence et Côte d'Azur sont particulièrement touchés par l'invasion de ces taxons et notamment les îles de l'archipel d'Hyères. En dépit de ce constat, aucune opération d'éradication simultanée des Griffes de sorcière et du Rat noir n'a été réalisée, que ce soit dans ce domaine biogéographique ou ailleurs dans le monde. En outre, la majorité des opérations d'éradication réalisées à ce jour ont été privées d'un solide contexte et support scientifique. Ainsi, il n'existe pas à l'heure actuelle d'expériences passées dont on puisse transposer les modalités au contexte de l'archipel des îles d'Hyères.

Le Parc national de Port-Cros a donc initié, en février 2010, en partenariat et sous la responsabilité scientifique de l'IMBE, un programme décennal de restauration écologique de sa réserve intégrale de l'île de Bagaud (58 ha). L'objectif est d'éliminer les Griffes de sorcière et le Rat noir qui mettent en péril le patrimoine biologique de cette île, soustraite à la plupart des impacts anthropiques grâce à son statut de protection et d'évaluer la restauration progressive de l'écosystème insulaire impacté. Ce programme intégré vise principalement à améliorer la conservation des riches flore et faune de ce site sanctuaire, mais aussi à acquérir des données originales, fondamentales et appliquées, sur un thème d'actualité, la restauration écologique des systèmes insulaires méditerranéens. En outre, le programme bénéficie d'une originalité particulière car pour la première fois un suivi scientifique rigoureux concernant un panel de taxons (flore, arthropodes épigés, arthropodes endogés et insectes volants, reptiles, oiseaux nicheurs terrestres, oiseaux nicheurs marins) a été programmé sur un pas de temps décennal. Il inclut un état zéro, appelé par la suite T-zéro, préalable aux opérations d'éradication. Ce programme se déroule selon trois étapes principales : (i) l'étude T-zéro et les expérimentations de restauration (2010-2011), (ii) les éradications (2011 à 2012), (iii) le suivi scientifique des taxons indigènes et la biosécurité post-éradication (2012-2019). L'année 2012 a été marquée par la poursuite de l'éradication du Rat noir et de la Griffe de sorcière, ainsi que par la mise en place de la biosécurité pour ces deux taxons.

I. ETUDES ET SUIVIS SCIENTIFIQUES

L'année 2011 du programme de restauration écologique de l'île de Bagaud a été marquée par la mise en place des éradications et le renouvellement du T-zéro. Les éradications se sont poursuivies jusqu'en 2012. L'année 2012 n'est donc pas, comme initialement prévu, l'année de suivi T+1. Cependant, un certain nombre de suivis spécifiques ont été mis en place cette année, décrits dans cette partie.

1. Suivi de la flore

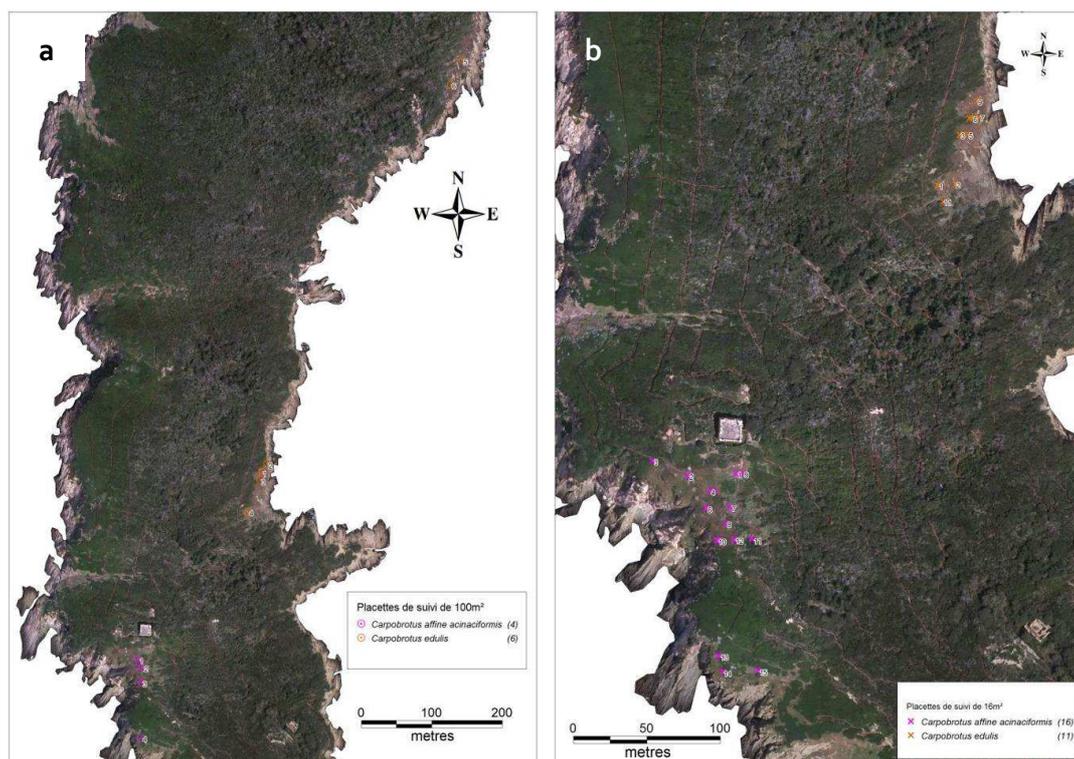
1.1. Suivi de la végétation au sein des stations de *Carpobrotus* spp. arrachées en 2011

Les Griffes de sorcière ont la capacité d'altérer les conditions et les processus environnementaux ainsi que la structure des écosystèmes littoraux (Campos *et al.*, 2004). Elles entrent directement en compétition avec les espèces végétales indigènes pour l'espace et les ressources (D'Antonio et Haubensak, 1998). Le réseau de placettes de suivi de la flore établi sur l'île de Bagaud depuis 2010 permettra l'acquisition de données qualitatives (ex. composition, organisation des communautés végétales) et quantitatives (ex. recouvrement, occurrence des espèces) à long terme sur la restauration des communautés végétales suite à l'opération d'éradication. En 2012, le protocole de suivi de la flore réalisé lors des T-zéro (Passeti *et al.*, 2012) a été reconduit au sein des stations de *Carpobrotus* spp. En 2012 également, ces placettes de suivi ont été débarrassées des énormes andains de *Carpobrotus* amassés lors de l'arrachage de 2011.

Le protocole consiste en la mise en place de placettes permanentes circulaires de 100 m². A l'intérieur de chaque placette, un relevé mésologique a été effectué, où deux types de variables ont été relevées : (1) les variables du milieu (ex. pente, recouvrement en rocher, litière, végétation...) et (2) l'inventaire floristique et le recouvrement de chaque espèce (fig. 1). Au total 10 placettes de 100 m² ont été établies au sein des stations de *Carpobrotus* spp. de l'île (fig.2a). Des placettes de suivi supplémentaires de 16 m² de forme carrée sont ajoutées. A l'intérieur de ces placettes, les mêmes relevés que pour les placettes de 100 m² sont faits. Puis des placettes d'1 m² sont positionnées aux quatre angles afin d'inventorier les espèces



Figure 1 : Suivi d'une placette de végétation en 2011



ainsi que les variables caractérisant le substrat. Au total, lors du suivi de 2012, 27 placettes de ce type ont été installées dans les *Carpobrotus* spp. (fig. 2b). Les résultats seront analysés en 2013, avec le suivi qui sera effectué durant cette même année.

1.2. Création d'une cartographie de végétation

La réalisation d'une cartographie de végétation est destinée à approfondir les connaissances sur la répartition spatiale des formations végétales de l'île de Bagaud et à appréhender leurs dynamiques, leurs changements ou leurs stabilités. La cartographie de végétation de l'île de Bagaud sera un outil précieux dans le cadre du suivi de la recolonisation spatiale des formations végétales suite aux éradications, ceci grâce à une reconduction cartographique ultérieure.

Ce travail est réalisé sous le logiciel MapInfo. Il est basé sur l'analyse de 4 cartographies aériennes. Le principe est de réaliser une lecture et une interprétation des formations végétales que l'on peut identifier sur la base de ces cartographies. La cartographie de la végétation nécessite à la fois une analyse sous support cartographique grâce au logiciel SIG, mais également des prospections de terrains visant à vérifier le travail d'analyse et à affiner la cartographie.

La cartographie de végétation est actuellement en cours d'élaboration car l'ensemble des prospections de terrain nécessaires à sa réalisation n'ont pas pu être toutes réalisées. Le travail préliminaire réalisé à l'aide des différents supports et des prospections de terrain ont permis d'identifier les principales formations végétales, regroupés en 3 grands ensembles de végétation : les groupements halophiles, le maquis et les pelouses temporaires ; et 7 sous-ensembles : le groupement à *Crithmum maritimum* et *Limonium pseudominutum*, les groupements halo-ornithocoprophiles (fig. 3), les autres groupements halophiles, l'oléolentisque, les fruticées (fig. 3) et le maquis élevé.



Figure 3 : Formation halo-ornithocoprophile en premier plan (zone de repos des goélands), fruticée à *Pistacia lentiscus* en arrière-plan

1.3. Mise en place d'un constat photographique

Le principe du constat photographique est basé sur la reconduction de séries photographiques effectuées depuis le même emplacement avec le même cadrage et dans les mêmes conditions de lumière. En définissant un pas de temps des reprises de vues pour chaque étude envisagée, il est possible d'obtenir des éléments visuels permettant une lecture précise et dynamique des changements (ou de la stabilité) du paysage. Il permet également de disposer d'outils précieux et originaux sur le plan de la communication.

Deux points photographiques ont été mis en place en 2010 au sein des stations de *Carpobrotus* spp. afin d'observer la recolonisation de la végétation. La reconduction photographique doit être faite de manière rigoureuse et respecter les règles suivantes : conditions de prises de vue, point de prises de vue, angle de champ de l'objectif et cadrage identiques.

Les deux points photos Ce1 (*Carpobrotus edulis*) et Ca2 (*Carpobrotus affine acinaciformis*) ont été réalisés en 2012 (fig. 4). Ils sont marqués par l'absence des mattes de *Carpobrotus* spp. arrachées en 2011 (zones noires) et par la présence de quelques espèces indigènes au sein des anciennes mattes de *Carpobrotus* spp. (Zones bleues) (fig. 4).



Figure 4 : (a) Prises de vue initiales, 2010 et (b) reprises de vue, 2012 du constat photographique : (1) Ce1 ; (2) Ca2.

(Les traits noirs mettent en évidence les différences au sein des zones de *Carpobrotus* spp., les traits bleus mettent en évidence les différences au sein de la végétation indigène)

1.4. Actualisation de l'inventaire floristique

Il n'y a pas eu de prospections spécifiquement dédiées à l'actualisation de l'inventaire. Cependant, les différentes missions ont permis de parcourir l'île et de noter les nouvelles observations. Quatre espèces nouvelles pour l'île ont été découvertes lors des missions menées en 2012 : *Cynodon dactylon* L. (Pers.), *Tetragonia tetragonoïdes* (Pall.) Kuntze, *Tribulus terrestris* L., *Genista linifolia* L.

2. Suivi de l'avifaune

L'impact du Rat noir sur de nombreuses espèces d'oiseaux et leurs œufs a été démontré au sein de deux synthèses bibliographiques (Norman, 1975 ; Towns *et al.*, 2006). Sur Bagaud, l'étude de Ruffino *et al.* (2011) a confirmé également la prédation du Rat noir sur l'avifaune de l'île. L'impact de ce taxon invasif est cependant plus documenté chez les oiseaux marins et notamment sur les œufs et les juvéniles. L'avifaune de Bagaud est donc particulièrement concernée par cette problématique.

1.1. Suivi des oiseaux terrestres nicheurs

Deux techniques de recensement ont été utilisées pour effectuer l'inventaire de l'avifaune : la réalisation de points d'écoutes selon la méthode des indices ponctuels d'abondances (IPA) pour les passereaux et un recensement à partir d'une embarcation nautique légère pour les corvidés et martinets (DREAM, 2011). La méthode des IPA, développée par Blondel (1975), vise à déterminer la richesse spécifique d'une zone en se basant sur un code standardisé. Des points d'écoutes sont déterminés afin de pouvoir contacter les espèces représentatives des différents milieux recensés. Cette méthode permet de déterminer les

espèces présentes dans une zone donnée et d'effectuer un suivi semi-quantitatif. La répétition des suivis sur les mêmes points pendant plusieurs années permettra de suivre l'évolution des populations d'oiseaux et de suivre les tendances associées (DREAM, 2011). Les suivis ont été réalisés le 17 avril et le 25 mai 2012. Pour le recensement des corvidés et des martinets, un dénombrement à distance a été réalisé à partir d'une embarcation, à l'aide de jumelles. Les prospections en bateau ont été réalisées le 16 avril 2012 pour le premier passage et le 24 mai 2012 pour le deuxième passage. Une convention de partenariat a été établie avec l'association DREAM pour la réalisation de ce suivi.

1.2. Suivi des puffins

Le recensement a été réalisé sur la base des prospections effectuées dans le cadre du programme Life Nature « Conservation des puffins sur les îles d'Hyères » entre 2004 et 2006 (Bigéard *et al.*, 2006) et de celles antérieures (Rabouam, 1999). Au total, 4 colonies de puffins sont connues sur l'île de Bagaud. Le présent recensement a donc consisté à prospector les colonies connues à la recherche d'indices de visites et d'occupations (fientes, odeurs, plumes, traces de patte, observations directes d'adultes, œufs, poussins) par les deux espèces de puffins.

Une première prospection a été réalisée à l'aide d'une repasse (diffusion de chants préenregistrés) en février. Par la suite, les prospections ont consisté à la recherche d'indices d'occupation des terriers. 4 prospections ont eu lieu entre mars et juillet, réalisées par les agents du Parc et l'association DREAM. Seule une des quatre colonies ne présente pas de traces de visite. Des poussins de Puffin Yelkouan ont été observés dans 4 terriers. La population de Puffins Yelkouan est donc de 4 couples nicheurs certains, alors que rien n'indique la présence de Puffins cendré.

3. Inventaire des chiroptères

Les populations de Chiroptères de l'île de Bagaud restent à ce jour très mal connues. Peu de recherches ont été faites et pourtant, il existe des sites qui sont susceptibles d'abriter des chauves-souris. En décembre 2011, une convention de partenariat a été établie avec l'association Groupe Chiroptères de Provence (GCP) pour la réalisation de l'inventaire des Chiroptères sur l'île de Bagaud. Les prospections ont été réalisées en période de reproduction (juin) et en période de transit (automne). Les écoutes ont été réalisées à l'aide de détecteurs d'ultrasons et des enregistreurs automatiques ont été posés afin d'augmenter l'effort de prospection. Aucun individu n'a été contacté durant la session de juin. La session prévue en automne a été annulée à cause des mauvaises conditions météorologiques. L'étude fera l'objet d'un rapport spécifique détaillant le protocole et les résultats obtenus.

4. Etude des arthropodes saprophages de la litière et du sol

L'IMBE a entamé en 2011 une campagne de prospections entomologiques consacrée à l'étude de la faune des Arthropodes de la litière et des horizons superficiels du sol. Il s'agit d'un compartiment qui n'avait pas fait l'objet de recherches suivies jusqu'à présent et c'est d'ailleurs d'une manière générale un milieu peu connu car souvent peu étudié par la communauté entomologique. Pourtant, il abrite une grande diversité d'Arthropodes et autres invertébrés spécialisés (ex. hexapodes, myriapodes, arachnides, annélides, nématodes). Un échantillonnage de la litière a été réalisé le 9 décembre 2011 (Passetti, 2011). Il a été complété par d'autres prélèvements réalisés le 12 et le 13 décembre 2012 ainsi que par un échantillonnage du sol. Les derniers prélèvements seront effectués au début de l'année 2013.



Figure 6 : Méthode de prélèvement des arthropodes du sol (a) extraction avec un tamis de Winckler, (b) extraction par suspension du matériel dans l'eau, (c) Appareil de Berlèse

Les prélèvements de litière ont été effectués au moyen du tamis entomologique Winckler (de maille 5 mm) (fig. 6a), qui permet de concentrer la litière en éliminant les grosses particules (feuilles, brindilles) (Coineau, 1997; Colas, 1969), et de prélever la fraction la plus fine qui contient les microarthropodes et les autres petits animaux. Chaque placette a fait l'objet d'un prélèvement de 5 litres de litière tamisée, mesuré au moyen d'un seau gradué. Les prélèvements de sol ont été réalisés au moyen d'un bêche. Un volume fixe est prélevé dans un seau. Afin de diminuer la masse de sol à transporter, le lessivage et le tamisage sont réalisés directement sur le terrain : l'échantillon de sol est mis en suspension dans l'eau. Les débris flottant contenant les microarthropodes sont recueillis dans un tamis fin (fig. 6b). De retour au laboratoire, le traitement est le même pour la litière et le sol : la masse de débris est placée sur un appareil de Berlèse (fig. 6c), qui permet d'extraire automatiquement la microfaune par dessiccation. Les Arthropodes fuient par le bas la dessiccation due à l'action de la lampe chauffante et tombent dans le flacon récepteur placé sous l'entonnoir et garni d'un liquide conservateur (Colas, 1969). Les prélèvements de litière et de sol seront analysés dans un rapport commun.

II. ETUDE DES USAGES HISTORIQUES

De nombreux indices d'occupation humaine et militaire ont été découverts sur l'île de Bagaud (Passetti, 2011). Ces derniers ne seront maintenus que durant trois années pour assurer la biosécurité post-éradication. Des historiens de l'association AREVPAM (Association de Recherche Etude et Valorisation du Patrimoine Méditerranéen) ont eu l'opportunité d'étudier méticuleusement ce site afin de découvrir le rôle qu'a joué cette île au cours des deux derniers siècles et cela a fait l'objet d'un rendu de mémoire (Riaudel & Ponzone, 2012).

III. ERADICATIONS

1. Dératisation

L'opération de dératisation a débuté le 5 septembre 2011. Elle a consisté en une lutte mécanique, relayée par une lutte chimique lorsque la lutte mécanique a perdu de son efficacité (Passetti, 2011). Le protocole a été choisi suite à une étude de faisabilité (Pascal, 2006) et en partenariat avec Michel Pascal, de l'équipe « Invasions biologiques » de l'INRA de Rennes. Un réseau de 886 postes de piégeage-appâtage (fig. 7) ont été installés tous les 25m (2 postes par domaine vital théorique du Rat noir). Les stations à l'intérieur de l'île ont été complétées par 28 stations d'appâtage en falaise. Du 6 septembre au 1^{er} octobre, la lutte mécanique a permis la capture de 1921 rats durant 23 nuits-pièges. L'ensemble de ces rats a été autopsié, relevant des paramètres biologiques et physiologiques. La lutte chimique a débuté le 18 septembre. Les postes ont tout d'abord été contrôlés quotidiennement jusqu'au 5 octobre 2011, puis tous les 10 jours et enfin tous les mois à partir de 2012.

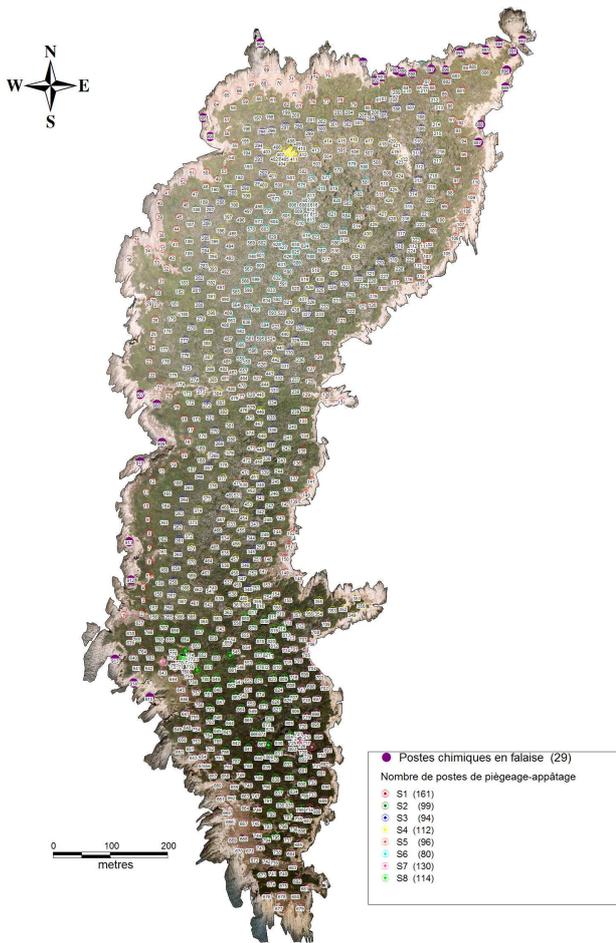


Figure 7 : Cartographie du réseau de stations de piègeage-appâtage



Figure 8 : Contrôle chimique d'un tube porte-appât

Les appâts toxiques sont constitués de céréales additionnées de Bromadiolone à la concentration de 50 ppm (anticoagulant à effet différé) incluses dans de la paraffine et se présentant sous forme de pavés. Ces pavés sont fixés à l'intérieur de tubes en PVC de 10 cm de diamètre et 30 cm de longueur afin de les protéger des agents de dégradation (UV, précipitations) et d'en limiter l'accès aux espèces non cibles. Le contrôle d'un tube porte-appât consiste à relever la proportion d'appât disparue, d'établir le taxon à l'origine de cette disparition (rongeur, insecte, gastéropode...) et de le remplacer (fig. 8).

Les contrôles ont été réalisés de février à décembre 2012. Du fait des conditions météorologiques, les contrôles de janvier et avril n'ont pas pu être réalisés. Pour le contrôle du réseau dans son ensemble, 4 personnes étaient mobilisées sur 3 jours en moyenne. Pour la seule ligne externe de tubes (S1 et S7 cf. Fig. 7), 3 personnes sur 2 jours en moyenne. Le 1er zéro de consommation par le rat a été obtenu en mars et le second en mai 2012. En juin 2012, les tubes ont été déséquipés sauf ceux de la ligne la plus externe et ceux situés en falaise. En effet, la période estivale est à haut risque de ré-invasion par le Rat noir et la conservation de la ligne externe permet de créer une « barrière » dans le cas où des rats arriveraient sur l'île par l'intermédiaire de bateaux. Les derniers tubes ont été déséquipés en décembre 2012. La présence de rat n'a pas été confirmée durant ces missions.

1. Eradication des Griffes de sorcière en situation accidentée

Une étude de faisabilité ainsi que des expériences de pré-restauration menées entre 2009 et 2011 ont permis de définir le protocole d'éradication des Griffes de sorcière sur l'île de Bagaud. L'arrachage est effectué à la main et permet d'éliminer le tapis végétal ainsi que la litière. En effet, celle-ci contient en majorité des graines de Griffes de sorcière et peu de graines de plantes indigènes, alors que la proportion s'inverse dans le sol (Chenot, 2010). L'arrachage des *Carpobrotus* spp. en situation accidentée correspond à la deuxième phase de l'éradication, la première étant l'arrachage en situation accessible, effectué en novembre et décembre 2011. La superficie recouverte en situation de falaise est estimée à plus de 7000 m². Cette opération a été réalisée en octobre et novembre 2012 par une entreprise spécialisée dans les travaux à la verticale.



Figure 9 : Arrachage des Griffes de sorcière en falaise

IV. BIOSECURITE

1. Prévention de la ré-invasion du Rat noir

Une éradication est une opération coûteuse et de longue haleine. Pérenniser son éventuel succès nécessite la mise en place d'un dispositif permanent destiné à diagnostiquer rapidement une éventuelle recolonisation. Le dispositif mis en place sur l'île de Bagaud consiste en l'installation de 20 stations permanentes d'empoisonnement au sein des sites potentiels de ré-invasion de l'île (zones de mouillage de navires, de débarquement, de dépôt de laisses de mer, etc.). Il s'agit de boîtes fermées munies d'un orifice limitant l'accès des appâts chimiques aux rats uniquement (fig.10). Les appâts chimiques sont ceux utilisés pour la phase chimique de la dératisation. Les 20 stations permanentes d'empoisonnement ont été installées le 25/05/2012. Leur contrôle se fait mensuellement, soit par bateau quand la crique est inaccessible depuis l'intérieur de l'île, soit par l'intérieur de l'île en même temps que le contrôle chimique. Si des traces de consommation par le rat sont observées, un réseau d'une vingtaine de pièges sera mis en place autour de la station présentant des traces de consommation par le rat. Si des rats sont collectés à l'issue de cette campagne de piégeage, il sera possible de savoir s'il s'agit d'individus appartenant à la population de l'île de Bagaud (signature d'un échec de l'opération) ou d'individus issus des populations des îles environnantes (Port-Cros, Rascas, Gabinière). Cette analyse est possible grâce à la collection d'échantillons d'ADN établie pour chacun de ces sites, permettant ainsi au gestionnaire d'orienter sa stratégie de réponse.

Les stations d'empoisonnement permanentes ont été contrôlées entre juin et décembre 2012. Cependant, les falaises sont devenues impraticables en octobre, du fait de pluies importantes rendant la roche glissante. Seules les stations accessibles depuis l'intérieur de l'île ont été contrôlées à cette date, soit 13 boîtes sur les 20. Aucune trace de rat n'a été observée durant les périodes de contrôle.



Figure 10 : Station permanente d'empoisonnement

2. Prévention de la ré-invasion des Griffes de sorcière

Le dispositif de biosécurité à mettre en place pour une espèce végétale exotique est dépendant du type biologique de l'espèce considérée, de sa dynamique au sein de l'écosystème envahi et de la persistance de sa banque de graines. Pour les Griffes de sorcière, le contrôle sera annuel au cours des trois années succédant à l'opération puis pourra par la suite s'effectuer tous les deux ans, afin d'épuiser la banque de graine et de ne pas laisser aux individus le temps de former des fruits. L'arrachage des Griffes de sorcière en situation accessible ayant été fait en 2011, la première campagne de contrôle s'est déroulée en septembre et octobre 2012.



Figure 11 : Répartition des *Carpobrotus* spp. en 2011 et localisation des stations faisant l'objet d'une analyse des repousses en 2012



Figure 12 : Repousse de Griffes de sorcière

Station	Surface de la station (m ²)	Pourcentage de recouvrement en <i>Carpobrotus</i> spp.	Nombre d'individus contrôlés	Nb d'ind. par m ²
1	3030	<10%	261	0.086
2	655	<10%	61	0.093
3	670	<10%	795	1.187
4	1730	<10%	615	0.355
5	3050	<10%	121	0.040

Figure 13 : Pourcentage de recouvrement des repousses de *Carpobrotus* spp. et nombre de repousses arrachées au sein de 5 stations ayant fait l'objet d'un arrachage en 2011

Le contrôle réalisé sur les repousses de *Carpobrotus* spp. a consisté à estimer la surface recouverte par les repousses et leur nombre, en complétant une fiche de relevé fournie. Chaque zone de repousse a été pointée à l'aide d'un GPS, sa surface et le nombre de repousses présentes estimées. La surface de chaque zone a été évaluée par traitement SIG (Passetti, 2009). On obtient ainsi une estimation du nombre de repousses et de leur recouvrement par zone. Les repousses font ensuite l'objet d'un arrachage manuel soigneux. Ce protocole sera reconduit lors de chaque campagne d'arrachage, afin d'évaluer l'importance des repousses dans le temps.

Une convention a été passée avec l'association Naturoscope, permettant de mobiliser 5 personnes durant une semaine pour le contrôle des stations de *Carpobrotus* spp. 18 personnes ont été mobilisées durant 5 jours pour réaliser le contrôle des stations de *Carpobrotus* spp. entre septembre et octobre, soit 90 journées.homme pour contrôler l'ensemble des stations ayant fait l'objet d'un arrachage en 2011.

Les résultats sont présentés pour les 5 principales stations de *Carpobrotus* spp. (fig. 11, 12 et 13). Le recouvrement des *Carpobrotus* spp. est faible sur l'ensemble de ces stations (<10%) et les individus très développés (dont la matse s'étend sur plus de 2 m), étaient très peu nombreux. La météo explique sans doute en grande partie ce constat (hiver froid et été sec). Les stations 3 et 4 présentent un nombre plus élevé de repousse par m². La végétation autochtone sur ces stations est basse et d'un recouvrement assez faible. En revanche elle est bien développée sur la station 5 et des espèces arbustives sont présentes.

V. COMMUNICATION ET VULGARISATION SCIENTIFIQUE

Un tel programme nécessite d'être valorisé, tant auprès de la communauté scientifique et des gestionnaires de milieux naturels que du grand public. A cette fin, différentes opérations de communications ont été associées aux premières phases du projet. Elles permettront de faciliter l'acceptation et la compréhension du classement de l'île de Bagaud en réserve intégrale (« sanctuarisation ») et de l'intérêt de sa restauration écologique par élimination des taxons invasifs. C'est dans ce but qu'un court film de présentation du programme a été réalisé et diffusé auprès des différents acteurs et partenaires. Le programme a également fait l'objet d'une exposition lors des fêtes de la science de 2010 et 2012, à l'aide de ce film et d'un poster (fig. 16) mettant en avant l'intérêt écologique et scientifique du programme. De plus, deux articles sont parus dans le quotidien Var Matin en 2008 et 2010, annonçant le lancement du programme de restauration écologique.



Figure 16 : Posters élaborés dans le cadre d'actions de communication autour du programme de restauration écologique de Bagaud

La rédaction de bilans annuels et la communication lors de colloques (assises de l'initiative PIM (fig. 16), conférence de la « Society for ecological restoration ») permettent de diffuser l'expérience acquise lors de ce programme aux différents gestionnaires de milieux naturels ainsi qu'à la communauté scientifique. Outre cette valorisation, les états zéro menés sur Bagaud et deux observations inédites (un insecte de l'ordre des coléoptères, *Cis quadridentulus* et un gastéropode, *Urticicola suberinus*), concernant des taxons peu connus ont été publiés en 2012 dans les travaux scientifiques du Parc national de Port-Cros (Passetti *et al.* 2012, Pavon *et al.* 2012, Ponel *et al.* 2012).

BIBLIOGRAPHIE

- ARMORI, G., GIPPOTITI, S., HELGEN, K. M. (2008). Diversity, distribution, and conservation of endemic island rodents. *Quaternary International*, 182 : 6-15.
- BERGLUND, H., JÄRENO, J., BENGTTSSON, G. (2009). Endemism predicts intrinsic vulnerability to nonindigenous species on islands. *The American Naturalist*, 174 : 94-101.
- BIGEARD, N., LEGRAND, J., BERGER, G., VIDAL, E. (2006). *Atlas et fiches synthèse sur les populations de puffins des îles d'Hyères*. Rapport de l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie, programme LIFE 2003 NAT/F/000105 "Conservation des puffins sur les îles d'Hyères", 7p + annexes.
- BLONDEL, J. (1975). Remarques générales sur l'avifaune de Port-Cros et perspectives d'avenir. *Scientific reports of Port-Cros national Park*, 1 : 33-36.
- CAMPOS, J. A., HERRERA, M., BIURRUN, I., LOIDI, J. (2004). The role of alien plants in the natural coastal vegetation in central-northern Spain. *Biodiversity and Conservation*, 13 : 2275-2293.
- CASSAING, J., DERRE, C., MOUSSA, I., PARGHENTANIAN, T., BOCHERENS, H., CHEYLAN, G. (2005). Le régime alimentaire du rat noir *Rattus rattus* dans les îles d'Hyères analysé par la biochimie isotopique et les contenus stomachaux. *Scientific reports of Port-Cros national park*, 21 : 89-115.
- CEBALLOS, G., BROWN, J. H. (1995). Global patterns of mammalian diversity, endemism and endangerment. *Conservation Biology*, 9 : 559-568.
- CHENOT, J. (2010). Restauration écologique de la réserve intégrale de l'île de Bagaud, étude de gestion préalable à l'éradication des Griffes de sorcière (*Carpobrotus* spp.). Rapport de DUT génie biologique option agronomie, Université d'Avignon, Avignon, 30p + annexes.
- COINEAU, Y., CLEVA, R., CHATENET, G. D. (1997). *Ces animaux minuscules qui nous entourent*. Delachaux et Niestlé, Lausanne, 80p.
- COLAS, G. (1969). *Guide de l'entomologiste*. Boubée, Paris, 314p.
- CRONK, Q. C. (1997). Islands: stability, diversity, conservation. *Biodiversity and Conservation*, 6 : 477-493.
- D'ANTONIO, C. M., HAUBENSAK, K. (1998). Community and ecosystem impacts of introduced species. *Fremontia*, 26 : 13-18.
- DENSLOW, J. S. (2001). The ecology of insular biotas. *Trends in Ecology and Evolution*, 16 : 423-424.
- DRAKE, D. R., MULDER, C. P., TOWNS, D. R., DAUGHERTY, C. H. (2002). The biology of insularity: an introduction. *Journal of Biogeography*, 29 : 563-569.
- DREAM (2011). Point zéro avifaune dans le cadre de la restauration écologique de l'île de Bagaud. Rapport du Parc national de Port-Cros, 30p.
- HONNEGER, R. E. (1981). List of amphibians and reptiles either known or thought to have become extinct since 1600. *Biological Conservation*, 19 : 141-158.
- KING, W. B. (1985). Island birds: will the future repeat the past? In: Moors, P. J. *Conservation of Island Birds*. ICPB technical publication Cambridge, 3-17.
- LAMBINON, J. (1997). Les introductions de plantes non indigènes dans l'environnement naturel. *Sauvegarde de la Nature (Conseil de l'Europe)*, 87 : 28p.
- MARTIN, J.-L., THIBAUT, J.-C., BRETAGNOLLE, V. (2000). Black rats, island characteristics and colonial nesting birds in the Mediterranean : current consequences of an ancient introduction. *Conservation biology*, 14 : 1452-1466.
- NORMAN, F.I. (1975). The murine rodents *Rattus rattus*, *exulans*, and *norvegicus* as avian predators. *Atoll Research Bulletin*, 182. The Smithsonian Institution. Washington, D.C., U.S.A.
- PALMER, M., PONS, G.X. (1996). Diversity in western Mediterranean islets: effects of rat presence on a beetle guild. *Acta Oecologica*, 17: 297-305.
- PALMER, M., PONS, G.X. (2001). Predicting rat presence on small islands. *Ecography*, 24: 121-126.

- PASCAL, Ma. (2006). Réhabilitation écologique de l'île de Bagaud par éradication d'un rongeur allochtone (*Rattus rattus*): étude de faisabilité préalable, modalités d'exécution et de contrôle. Rapport de stage de Master 2 Expertise Ecologique et Gestion de la Biodiversité, Université Aix Marseille III, Marseille, 41p + annexes.
- PASCAL, Mi, LORVELEC, O., BRETAGNOLLE, V. CULIOLI, J.-M. (2008). Improving the breeding success of a colonial seabird: a cost-benefit comparison of the eradication and control of its rat predator. *Endangered Species Research*, 4 : 267-277.
- PASSETTI, A. (2009). *Restauration écologique de l'île de Bagaud : étude de faisabilité préalable à l'éradication des griffes de sorcière* (*Carpobrotus spp.*). Rapport de stage de Master 2 Expertise Ecologique et Gestion de la Biodiversité, Université Aix Marseille III, Marseille, 33p + annexes.
- PASSETTI, A. (2011). *Programme de restauration écologique de la réserve de l'île de Bagaud : bilan annuel d'activité 2011*. Rapport de l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie et du Parc national de Port-Cros, 63p + annexes.
- PASSETTI, A., ABOUCAYA, A., BUISSON, E., GAUTHIER, J., MEDAIL, F., PASCAL, M., PONEL, P., VIDAL, E. (2012). Restauration écologique de la Réserve intégrale de l'île de Bagaud (Parc national de Port-Cros, Var, France) et « état zéro » des suivis scientifiques : synthèse méthodologique. *Scientific reports of Port-Cros national park*, 26: 149-171.
- PAVON, D., PONEL, P., PASSETTI, A. (2012). La fausse-veloutée des chênes-lièges *Urticicola suberinus* (Bérenghier, 1882) (Mollusca, Gastropoda, Hygromiidae) sur l'île de Bagaud, archipel des îles d'Hyères, Parc national de Port-Cros (Var, France). *Scientific reports of Port-Cros national park*, 26: 269-273.
- PENLOUP, A., MARTIN, J.-L., GORY, G., BRUNSTEIN, D., BRETAGNOLLE, V. (1997). Nest site quality and nest predation as factors explaining the distribution of Pallid swifts (*Apus pallidus*) on mediterranean island. *Oikos*, 80 : 78-88.
- PONEL, P., PASSETTI, A., BERVILLE, L. (2012). *Cis quadridentulus* Perris, 1874 sur l'île de Bagaud, archipel des îles d'Hyères, Parc national de Port-Cros (Coleoptera Tenebrionoidea Ciidae). *Scientific reports of Port-Cros national park*, 26: 275-277.
- RABOUAM, C. (1999). *Le Puffin cendré* *Calonectris diomedea* et *le Puffin de Méditerranée* *Puffinus yelkouan* dans l'archipel des îles d'Hyères. Rapport d'étude pour le Parc national de Port-Cros, 12p + annexes.
- RIAUDEL, L., PONZONE, N. (2012). *Etude des usages historiques de l'îlot de Bagaud*. Contrat PNPC n° 12-018. Association AREVPAM, 72 p. + annexes.
- RICKETTS, T. H., DINERSTEIN, E., BOUCHER, T., BROOK, T. M., BUTCHART, M., HOFFMAN, M. *et al.* (2005). Pinpointing and preventing imminent extinctions. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 102 : 18497-18501.
- RUFFINO, L., RUSSEL, J., PISANU, B., CAUT, S., VIDAL, E. (2011). Low diet plasticity in an invasive generalist forager. *Population Ecology*, 53 : 535-548.
- SAX, D. F., GAINE, S. D. (2008). Species invasions and extinction: the future of native biodiversity on islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*, 105: 11490-11497.
- TOWNS, D.R., ATKINSON, I., DAUGHERTY, C.H. (2006). Have the harmful effects of introduced rats on islands been exaggerated? *Biological Invasions*, 0 : 1-29.