

Rapport de stage de Master 2

**Évaluation et suivi des populations de cactus tête à l'anglais,
Melocactus intortus (Mill.) Urb., 1919, sur certains sites gérés par la
Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin**



Rédigé par
Maxence Morel : 20151106

Encadrants :
Julien Chalifour (Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin) responsable « pôle scientifique »
Caroline Fleury (Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin) chargée d'étude « pôle scientifique »

Présentation de la structure d'accueil

La Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin (RNNSM) a été créée le 3 septembre 1998, par décret ministériel n°98-802 et est gérée par l'Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin (AGRNSM). Elle s'étend sur 3054 hectares (ha) au total, et se compose d'une zone lacustre de 104 ha, d'une partie marine de 2796 ha et d'une partie terrestre de 154 ha de terrain formée par la bande des 50 pas géométriques (Figure 1). Cette zone est comprise entre la limite du rivage et la limite supérieure dite des 50 pas géométriques. Elle s'applique dans les départements de La Réunion, de la Guadeloupe et de la Martinique.

L'objectif principal de l'AGRNSM est le maintien et la préservation des différents écosystèmes marins et terrestres à Saint-Martin. Elle se répartit selon trois pôles : « logistique, police de la nature et sensibilisation », « coopération régionale et animation pédagogique » et « missions et suivis scientifiques ».

L'équipe permanente de la RNNSM est composée de :

- Nicolas Maslach, conservateur de la Réserve, assure la direction générale, coordonne l'ensemble des projets et représente la Réserve et l'antenne du Conservatoire du littoral auprès des autorités.
- Julien Chalifour, responsable du pôle scientifique, est en charge des missions scientifiques. Ce pôle, composé également de Caroline Fleury, se consacre à l'organisation et à la mise en œuvre des suivis de l'état de santé des milieux naturels.
- Romain Renoux, est responsable du pôle « coopération régionale et animation pédagogique ».
- Amandine Vaslet, chargée de mission pour la plateforme Caraïbes dans le cadre du projet européen BEST (*Biodiversity and Ecosystem Services in Territories of european overseas*) est rattachée au CAR-SPAW. Elle est hébergée par la Réserve Naturelle de Saint-Martin.
- Franck Roncuzzi, responsable du pôle police qui comprend également Christophe Joé, Steeve Ruillet et Ashley Daniel. Ils participent à l'aménagement des espaces naturels. Dotés de pouvoirs de police, ils ont une mission de sensibilisation et de police de l'environnement, en veillant au respect de la réglementation.
- Julie Walker, chargée de mission au sein du Conservatoire du Littoral (CdL), travaille notamment sur l'aménagement et la mise en valeur des étangs.

Remerciements

Je tiens à remercier :

Nicolas Maslach, conservateur de la réserve ainsi que Julien Chalifour et Caroline Fleury, du pôle scientifique, pour m'avoir permis de réaliser ce stage au sein de la réserve naturelle de Saint-Martin.

Plus particulièrement Julien Chalifour et Caroline Fleury pour m'avoir fait confiance tout au long de cette étude et de m'avoir intégré aux autres missions et suivis scientifiques de la Réserve.

L'équipe du pôle logistique, et police de la nature et sensibilisation : Franck Roncuzzi, Steve Ruillet, Christophe Joé, et Ashley Daniel pour m'avoir emmené sur les sites d'étude, ou aidé au cours de mes sorties de terrain.

Romain Renoux, responsable du pôle coopération régionale et animation pédagogique ainsi que Amandine Vaslet pour les conversations et leurs conseils.

Julie Walker du Conservatoire du littoral pour les discussions, et sa proposition de participer à l'Assemblée Générale des riverains d'Oyster Pond.

Ainsi que l'équipe de stagiaire pour m'avoir permis de participer à leurs sorties de terrain, ainsi que pour leur bonne humeur pendant ce stage.

Ma famille pour le soutien indispensable qu'elle m'a apporté tout au long de mes études ainsi que ma fiancée, Alice, pour son exceptionnelle ténacité à m'encourager même dans les situations les plus difficiles.

Sommaire

I.	Introduction	1
II.	Matériels et Méthodes	3
a.	Sites de l'étude	3
b.	Melocactus intortus (P.Miller.) Urban	4
c.	Protocole	5
d.	Analyses statistiques	7
III.	Résultats	7
a.	Comparaison des densités de cactus	8
b.	Structure des populations	9
c.	Comparaison de l'état sanitaire des cactus entre les populations	11
d.	Répartition des Melocactus et analyses exploratoires	12
IV.	Discussion	14
a.	Abondance et structure des populations de Melocactus	14
b.	Dynamique et état de santé des populations de Melocactus	17
V.	Conclusion	20
VI.	Bibliographie	22

Liste des figures et tableaux

Figure 1 : *Carte de Saint-Martin et délimitation de la RNNSM*

Figure 2 : *Carte des différents sites d'étude 1 : Cactus Place, 2 : Wilderness, 3 : Babit Point*

Figure 3 : *Melocactus intortus mature avec céphalium présentant des fruits au premier plan et individu polycéphalé au second plan*

Figure 4 : *Site d'étude de Babit Point*

Figure 5 : *Numérotation des placettes sur chacun des sites (de gauche à droite : Cactus Place, Babit Point, Wilderness)*

Figure 6 : *Proportion des individus vivants et morts sur les sites d'étude*

Figure 7 : *Boxplot des densités d'individus vivants et morts en fonction des sites ; les points rouges représentent la moyenne et les barres bleues centrales représentent la médiane*

Figure 8 : *Carte des densités d'individus vivants pour chaque quadrat sur les sites. A gauche de haut en bas : Wilderness, et Babit Point. A droite : Cactus Place*

Figure 9 : *Boxplot des densités d'individus matures vivants en fonction des sites ; les points rouges représentent la moyenne et les barres bleues centrales représentent la médiane*

Figure 10 : *Fréquence d'individu par classe de diamètre de 2cm pour les 3 sites d'étude (en bleu) ; Fréquence d'individu présentant un céphalium (en vert) ; la ligne représente la courbe de tendance avec son équation et le coefficient de détermination*

Figure 11 : *Boxplot des proportions d'individus matures (gauche) et juvéniles (droite) en fonction des sites ; les points rouges représentent les moyennes et les barres bleues centrales représentent la médiane*

Figure 12 : *Boxplot des diamètres d'individus matures en fonction des sites (gauche), boxplot du \ln des longueurs de céphalium (droite) ; les points rouges représentent la moyenne et les barres bleues centrales représentent la médiane*

Figure 13 : *Boxplot du \ln des proportions moyennes d'individus blessés (gauche) et déracinés (droite) en fonction des sites ; les points rouges représentent les moyennes et les barres bleues centrales représentent la médiane*

Figure 14 : *Cercle des corrélations (Analyse en composantes principales) entre 15 variables en fonction des quadrats (Arbuste : strate arbustive, HerbeHaute : strate herbacée haute, Herbe-Rase : strate herbacée rase, TerreNue : terre nue, Roche : roche et gravier : MoyClone : nombre de clones, MoyCéph : nombre de céphalium, DiamM : diamètre mature, LongCéph : longueur céphalium, DensM/I/J : densité mature/immature/juvénile, DensMort : densité d'individu morts) : les ellipses rouges représentent les variables corrélées à plus de 50%*

Tableau 1 : *Densités estimées des individus vivants et morts reportées pour l'espèce Melocactus intortus dans la littérature*

Tableau 2 : *Densités estimées reportées pour le genre Melocactus dans la littérature*

I. Introduction

Saint-Martin est une île originaire du plateau volcano-sédimentaire d'Anguille (Petit *et al.*, 1990). Elle est située dans la partie nord-est des Antilles ($18^{\circ} 35' N$, $63^{\circ} 31' O$) entre les îles d'Anguilla et de Saint-Barthélemy (Figure 1). Son climat présente deux saisons principales : la saison sèche, entre janvier et mai inclus, et la saison cyclonique, de juin à décembre, caractérisée par des températures élevées et l'émergence de cyclones. La pluviométrie moyenne annuelle de l'île est de 1159,6 mm, pour une température moyenne annuelle de $26,9^{\circ}C$ (Diaz & Cuzange, 2009). Saint-Martin était une île propice à l'utilisation des terres pour la culture de la canne à sucre jusqu'au début du XX^{ème} siècle. Désormais la culture laisse place aux élevages et à l'urbanisation qui, comme dans la plupart des pays, contribuent grandement à la fragmentation des habitats naturels. En effet l'amélioration du contexte socio-économique du début des années 70, a favorisé le tourisme de masse et fortement contribué à cette fragmentation (Bock & Bock, 1998 ; Redon, 2007 ; Francius, 2011 ; Haridas *et al.*, 2015).

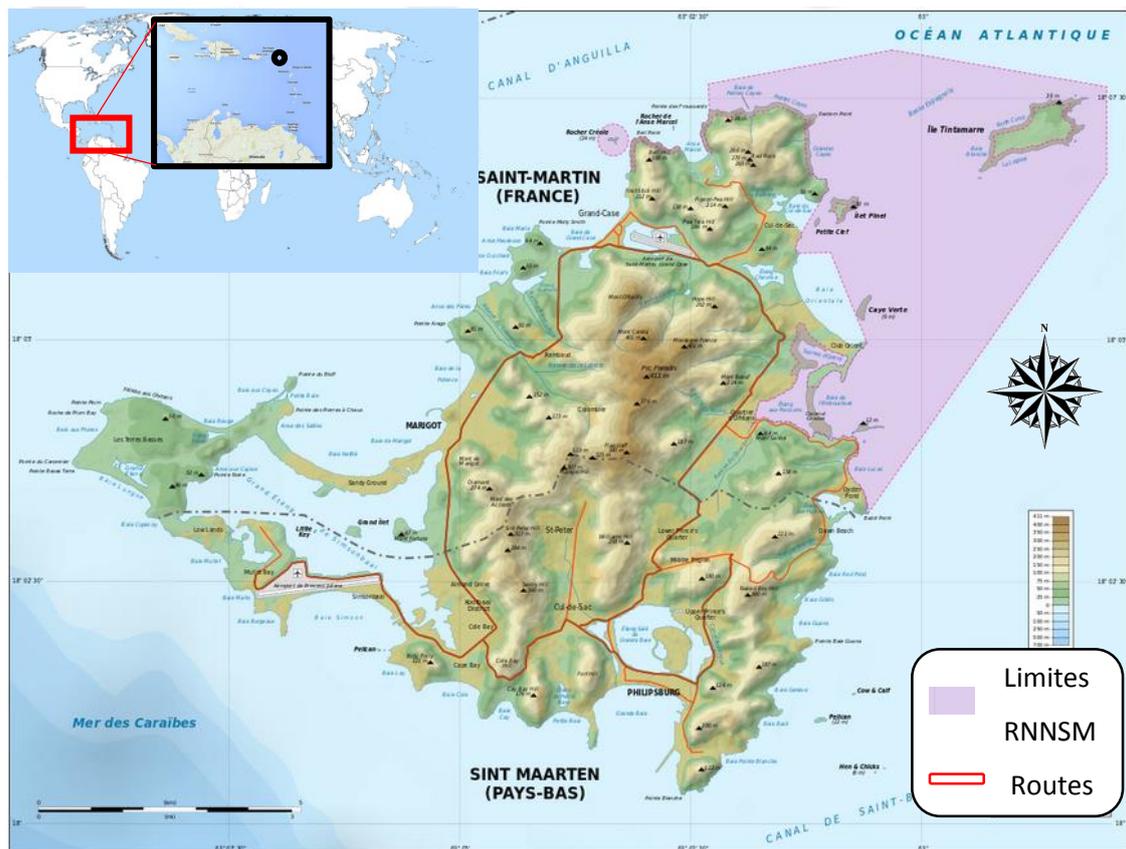


Figure 1 : Carte de Saint-Martin et délimitation de la RNNSM
(www.wikipédia.com/)

Néanmoins l'île comporte toujours de nombreux sites bien conservés, comme la majeure partie du littoral nord ainsi que les îlets Tintamarre, Caye Verte et Pinel. Afin de protéger ces différents habitats, l'idée de création d'une réserve naturelle a vu le jour avec les associations « Fondation

Oualichi » et « Soualiga » au début des années 80 et « Action Nature » en 1992 (Diaz & Cuzange, 2009). C'est par décret ministériel, le 3 septembre 1998, que l'Association de Gestion de la Réserve Naturelle de Saint-Martin (AGRNSM) est créée (Figure 1). Depuis 2007, certains sites littoraux, gérés par l'AGRNSM, ont été acquis par le Conservatoire du Littoral (CdL) afin d'assurer leurs protections face à l'urbanisation croissante. En 2009, le premier plan de gestion quinquennal de la réserve naturelle et des sites du Conservatoire du littoral voit le jour. L'objectif principal de ce plan est le maintien et la préservation des différents écosystèmes marins et terrestres à Saint-Martin. Cet objectif se décline en sept missions à long terme dont l'une correspond à améliorer les connaissances sur les espaces et les espèces protégées à savoir, inventorier et cartographier les espèces végétales terrestres sensibles sur les îlets, et réaliser un suivi des populations de *Melocactus intortus* (Diaz & Cuzange, 2009).

Effectivement, le genre *Melocactus* présente un endémisme élevé et la dégradation de son habitat entraîne un danger critique d'extinction pour beaucoup de ses espèces (Figueira *et al.*, 1994 ; UICN, 2006 ; Brito *et al.*, 2007). Le Genre *Melocactus* appartient à la Famille des *Cactacea*, et regroupe 36 espèces se répartissant sur une large zone géographique (Amérique du sud, Antilles) dont la majorité, *Melocactus intortus* compris, fait partie de l'annexe I ou II de la convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES, 2012). De plus, *M. intortus* est protégée en France par les arrêtés ministériels du 26 décembre 1988 et du 27 février 2006 relatifs à la liste des espèces végétales protégées en région Guadeloupe.

Comme la majorité des cactus, les *Melocactus* sont natifs et endémiques des environnements arides tels que *M. schatzlii* et *M. andinus* dans les Andes (Nassar & Ramirez, 2004), et semi-arides des régions néotropicales comme le *M. intortus* (Rojas-Arechiga & Vasquez-Yanes, 2000 ; Godinez-Alvarez *et al.*, 2003 ; Francius, 2011). De nombreuses espèces de cactacées dont le *Melocactus*, sont caractérisées par une croissance lente, une forte vulnérabilité des premiers stades de développement (Hernandez & Godinez, 1994 ; Luz-Freire *et al.*, 2014) ainsi que d'autres caractéristiques comme un pattern biogéographique unique et des réponses lentes après perturbation (Hernandez & Godinez, 1994 ; Hernandez-Oria *et al.*, 2007 ; Luz-Freire *et al.*, 2014). Les cactacées constituent une source importante de nourriture et d'eau pour de nombreuses espèces animales (Nobel & Loik, 1999), et sont également très convoitées pour l'ornementation, l'agriculture et le fourrage (Rizzini, 1982 ; Nobel, 2002 ; Rocha & Agra, 2002 ; Fabricante *et al.*, 2010 ; Rojas-Sandoval & Meléndez-Ackerman, 2013 ; Larrea-Alcazar & Soriano, 2008).

Le genre *Melocactus* reste très peu étudié et les connaissances sont encore parcellaires, malgré une nette amélioration depuis les années 2000. Les études réalisées à Saint-Martin sur le *M. intortus*

font plus figure d'inventaires que de réels suivis de sa dynamique et de sa biologie. Cela entrave donc le développement de plan de gestion et de conservation (Cerqueira-Silva & Santos, 2007, Brito-Kateivas & Correa, 2012). Les suivis de la dynamique des populations sont pourtant essentiels pour évaluer la viabilité de l'espèce (Luz-Freire *et al.*, 2014).

Cette étude s'inscrit donc comme l'un des objectifs du plan de gestion et tend à répondre à différentes questions :

- Les activités humaines et notamment le pâturage, ont-elles un impact significatif sur les densités et la survie des cactus?
- la structure des populations (proportion d'individus matures et juvéniles, diamètre moyen et longueur de céphalium) montre-t-elle une quelconque différence en fonction de ces pressions?
- La nature du substrat influence-t-elle le développement de jeunes pousses ?

II. Matériels et Méthodes

a. Sites de l'étude

L'étude a été conduite sur trois habitats naturels arides et semi-arides de l'île de Saint-Martin (*Cactus Place* (CP), *Babit Point* (BP) et *Wilderness* (W)). Les habitats sont en partie localisés dans la zone des 50 pas géométriques au sein de la réserve naturelle et ont été acquis progressivement par le CdL. *Babit Point* ayant été acquis en dernier (2013). Les trois sites situés entre le niveau de la mer et 50 mètres d'altitude, se distinguent par des sols argileux rocailleux et une végétation xérophile représentée par :

- des cactacées (cactus cierge (*Pilosocereus royeri*), cactus raquette (*Opuntia dilenii*, *Opuntia rubescens*, *Opuntia triacantha*) et cactus globuleux (*Melocactus intortus*, *Mamillaria pectinifera*),
- des prairies de Chiendent (*Elytrigia repens*), et de Verveine queue de rat (*Stachytarpheta jamaicensis*),
- une strate arbustive (Acacia bord de mer (*Acacia tortuosa*), le mancenillier (*Hippomane mancinella*), le raisinier bord de mer (*Coccoloba uvifera*), les lianes à ravet (*Stigmaphyllon diversifolium*), ou encore le Gaïac (*Gaïacum officinale*),
- des plantes succulentes comme le pourpier de mer (*Sesuvium portulacastrum*) et l'euphorbe bord de mer (*Euphorbia mesembrianthemifolia*).



Figure 2 : Carte des différents sites d'étude 1 : *Cactus Place*, 2 : *Wilderness*, 3 : *Babit Point*

Le premier site, *Cactus Place*, (Figure 2) situé sur la côte nord/nord-ouest, est délimité par un étang au sud, et l'océan au nord et à l'ouest. Il fait environ 5 000 m², et est relativement isolé avec peu de fréquentation touristique. On distingue la présence d'une ancienne cabane de chevrriers témoignant d'une ancienne activité de pâturage sur le site (Malterre, 2009).

Le deuxième, *Wilderness*, orienté au nord/nord-est est un site de passage important et accessible par le sentier des froussards. Il fait environ 30 000 m² et est très fréquenté par la population locale et touristique. Les *Melocactus* sont répartis sur environ 2 ha, sur lesquels la moitié n'est pas accessible du fait, d'une très forte pente rocheuse.

Le troisième, *Babit Point*, s'étend sur 60 000 m² environ et est situé sur la côte est dans le quartier d'Oyster Pond.

Il est très fréquenté par les habitants, et également utilisé pour l'élevage d'ânes et de chèvres. Sur ce site, les *Melocactus* sont répartis sur 3 ha environ, sur lesquels près de la moitié n'est pas accessible du fait, de la forte pente ou de la densité élevée de cactus cièrges et d'arbustes. On peut également distinguer de nombreux chemins très fréquentés par la population locale et les troupeaux. Ceux-ci représentent un peu moins d'un quart de la surface accessible, soit 4 000 m².

b. *Melocactus intortus* (P.Miller.) Urban

L'espèce *M. intortus*, plus communément appelée cactus « tête à l'anglais » est une cactacée globulaire hermaphrodite, endémique des Antilles. La plupart du temps, cette espèce évolue en colonies relativement denses mais se retrouve également de manière plus isolée, comme c'est le cas sur l'îlet Tintamarre.

Son corps présente de nombreuses côtes (10 à 22) sur lesquelles s'hérissent des épines en bouquet. Entre 7 et 10 ans, il produit un céphalium rouge, séveux et laineux caractéristique des individus



Figure 3 : *Melocactus intortus* mature avec céphalium présentant des fruits au premier plan et individu polycéphalé au second plan

matures sur lequel se développent les fleurs et les fruits (Figure 3, Rizzini, 1982 ; Brito *et al.*, 2007) . Le céphalium est généralement unique (monocéphale), mais certains individus sont polycéphalés (plusieurs céphaliums). Cette espèce se reproduisant principalement de manière sexuée, peut également le faire de manière asexuée. Dans ce deuxième cas, des clones dotés très tôt d'un céphalium se forment sur les côtes du pied mère au niveau des épines (Francius, 2011). La floraison a lieu toute l'année mais la dissémination reste très peu étudiée pour cette espèce. En revanche, pour *M. schatzlii*, *M. andinus*, et *M. curvispinus*, les principaux pollinisateurs sont les colibris, les papillons et les abeilles (Nassar & Ramirez, 2004 ; Nassar *et al.*, 2007). La dispersion des fruits peut-être hydrochore (Francius, 2011) ou zoochore par des fourmis et des lézards pour *M. paucispinus* (Fonseca *et al.*, 2008), *M. conoideus* (Brito-Kateivas & Correa, 2012) et plusieurs autres espèces (Figueira *et al.*, 1994 ; Rojas-Arechiga & Vasquez-Yanes, 2000 ; Fonseca *et al.*, 2008 ; Luz-Freire *et al.*, 2014).

c. Protocole

Un premier repérage a été réalisé en février, afin de déterminer la répartition géographique des cactus sur chacun des sites (géo référencement par GPS Garmin map 64S). Les points ont ensuite été introduits dans le logiciel Google Earth afin de réaliser une carte des zones accessibles ou non et d'y juxtaposer un quadrillage où chaque rectangle représente une placette de 30 mètres par 20 mètres (Figure 4).

Le choix de la méthode des placettes a été fait en cohérence avec la première étude menée sur le *M. intortus* à Saint-Martin, cette fois cependant, les placettes représentent une surface de 600 m² au lieu de 625 m² (Malterre, 2009). Les six placettes ont ensuite été numérotées et sélectionnées de manière aléatoire avec le logiciel Rstudio 2015 (R Core Team, 2015). Ce choix de six placettes permet de comparer les différents sites entre eux tout en restant représentatif de leur surface totale. Après géolocalisation des six placettes (Figure 5), le périmètre est délimité avec de la corde et des piquets métalliques.

Chaque angle a été photographié grâce à une caméra Panasonic HX-WA20 et géo référencé pour la mise en place d'un suivi régulier les années prochaines.



Figure 4 : Site d'étude de Babit Point



Figure 5 : Numérotation des placettes sur chacun des sites (de gauche à droite : Cactus Place, Babit Point, Wilderness)

Chaque placette a été divisée en 24 quadrats de 5 mètres par 5 mètres en suivant les méthodes utilisées dans Brito *et al.*, (2007) et Malterre, (2009). Le terrain a été réalisé durant les mois de février, mars et avril. Une équipe de deux personnes inventoriait chaque quadrat. Différents paramètres ont été renseignés :

- la classe de développement ontogénique des individus a été notée : les juvéniles de 0 à 5 cm de diamètre, les immatures de plus de 5 cm de diamètre sans céphalium et les matures avec céphalium (Romão *et al.*, 2008 ; Hughes *et al.*, 2011),
- le nombre de clones présents sur chaque individu,
- le nombre de céphaliums,
- la longueur du céphalium principal,
- le nombre d'individus morts (Fabricante *et al.*, 2010),

- le diamètre des individus vivants a été mesuré en section intermédiaire à l'aide d'un mètre ruban (Mandujano *et al.*, 2002 ; Fabricante *et al.*, 2010 ; Hughes *et al.*, 2011),
- selon la méthode de Mandujano *et al.*, (2002), la proximité avec d'autres cactacées sur un rayon de 50 cm autour des individus observés a été notée,
- le recouvrement en substrat de chaque quadrat a été relevé selon la méthode de Braun-Blanquet en 1964 (Meddour, 2011) : strate herbacée haute (plus de 5 cm), strate herbacée rase (moins de 5 cm), roche, terre nue, strate arbustive.

d. Analyses statistiques

Les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels Excel et Rstudio. La normalité a été testée à l'aide d'un test de Shapiro-Wilk et l'homoscédasticité par les tests de Levene ou Bartlett. Les données de densité, diamètre, longueur des céphaliums, proportion d'individus et proportion de blessures ont été analysées à l'aide des fonctions d'analyse de variance Anova (paramétrique) ou Kruskal-Wallis (non paramétrique) (Theodorsson-Norheim, 1986). Des tests post hoc de TukeyHSD (Anova) et Dunn (Kruskal-Wallis) ont été appliqués, lorsque l'on observait une différence significative au seuil de 5% pour déterminer les différences statistiques entre zones d'étude (Zar, 1999 ; Zamith *et al.*, 2013).

Certaines données ont fait l'objet d'une transformation à l'aide de la fonction Logarithme Népérien (ln) pour qu'elles suivent une loi normale.

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée afin d'explorer les éventuelles corrélations entre les variables étudiées. Les données ont toutes été transformées en variables quantitatives pour cette analyse (Lebart *et al.*, 1979 ; Dervin, 1992 ; Tomasson, 1995). La significativité a été notée de la manière suivante : * p-valeur < 0,05 ; ** p-valeur < 0,01 ; *** p-valeur < 0,001 ; NS non significatif.

III. Résultats

Sur l'ensemble des sites, 3407 individus de *Melocactus* ont été dénombrés dont 2714 individus vivants. Ainsi, un total de 1542 individus dont 1186 individus vivants sur *Cactus Place*, 1180 dont 938 individus vivants sur *Babit Point*, et 675 dont 589 individus vivants sur *Wilderness* (Figure 6).

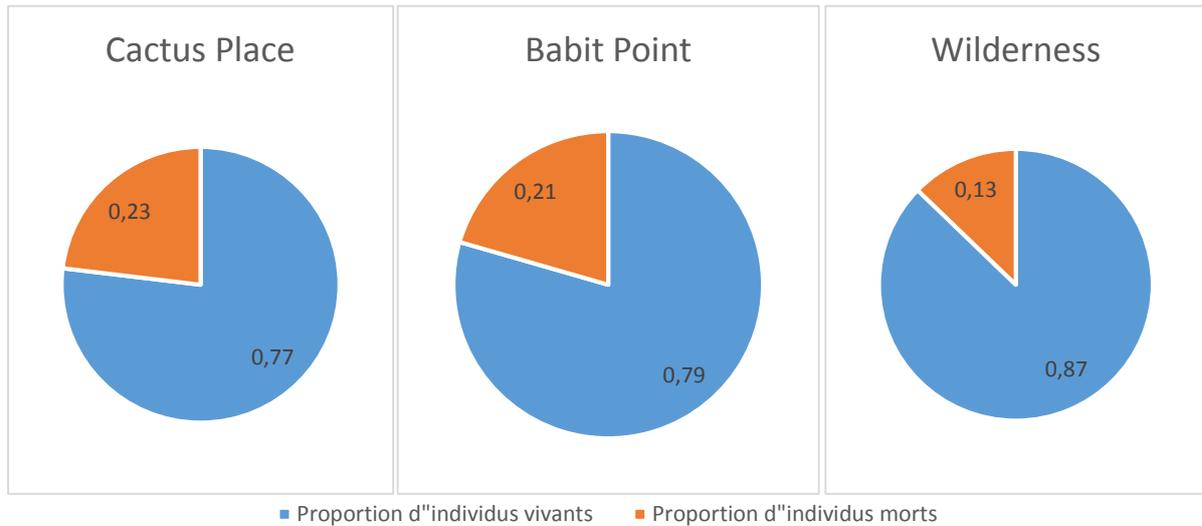


Figure 6 : Proportion des individus vivants et morts sur les sites d'étude

a. Comparaison des densités de cactus

Les densités moyennes d'individus vivants par zone d'étude sont : 0,33 individus/m² (sd = 0,64) sur *Cactus Place*, 0,26 individus/m² (sd = 0,44) sur *Babbit Point*, et 0,16 individus/m² (sd = 0,34) sur *Wilderness*. Les moyennes de densité d'individus vivants entre les trois sites présentent une différence marginale (Figure 7, $\chi^2 = 5,97$, N = 432, ddl = 2, p-valeur = 0,0510 : NS). Cependant la p-valeur ayant un résultat très proche du niveau de significativité au seuil de 5%, un test post hoc a été réalisé afin de déterminer le sens des différences entre sites (Figure 7). La représentation des densités sur chaque quadrat est donnée Figure 8.

Les densités moyennes d'individus morts par zone d'étude sont : 0,1 individus/m² (sd = 0,13) sur *Cactus Place*, 0,07 individus/m² (sd = 0,12) sur *Babbit Point*, et 0,02 individus/m² (sd = 0,05) sur

Wilderness. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes est rejetée, au moins deux densités diffèrent significativement (Figure 7, $\chi^2 = 3,879$, N = 432, ddl = 2, p-valeur = 1,61e-08 : ***).

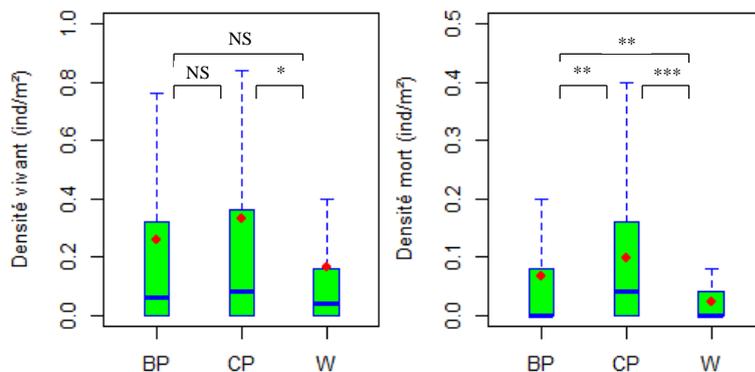


Figure 7 : Boxplot des densités d'individus vivants et morts en fonction des sites ; les points rouges représentent la moyenne et les barres bleues centrales représentent la médiane

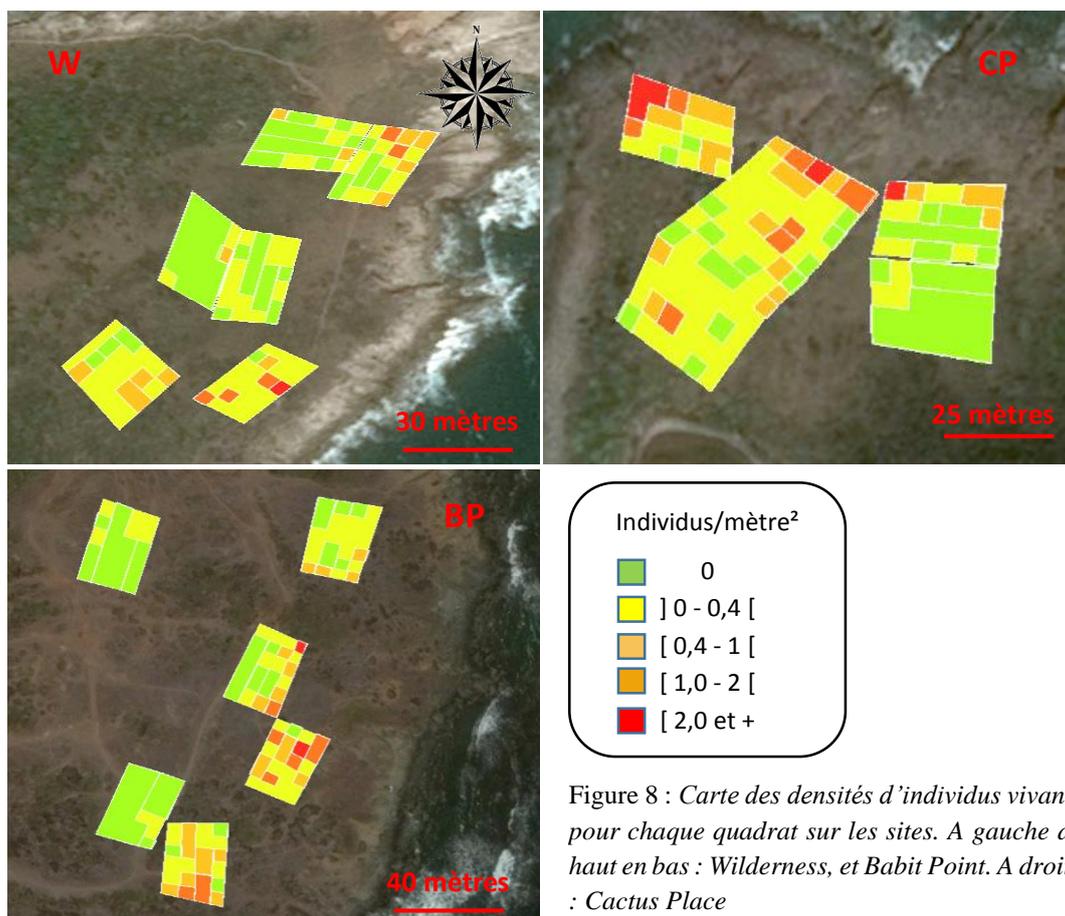


Figure 8 : Carte des densités d'individus vivants pour chaque quadrat sur les sites. A gauche de haut en bas : Wilderness, et Babit Point. A droite : Cactus Place

Les densités moyennes d'individus matures vivants par zone d'étude sont : 0,043 individus/m² (sd = 0,078) sur *Cactus Place*, 0,043 individus/m² (sd = 0,078) sur *Babit Point*, et 0,039 individus/m² (sd = 0,075) sur *Wilderness*. Les moyennes de densité d'individus matures vivants entre les trois sites ne sont pas significativement différentes (Figure 9, F.valeur = 0,1075, N = 414, ddl = 2, p-valeur = 0,90 : Non significatif (NS)).

b. Structure des populations

Le diamètre des *Melocactus* sur les zones d'étude varie de 0,1 à 38 cm et on retrouve une forte fréquence de juvénile pour les trois sites (Figure 10). Sur cette figure, les barres bleues représentent la fréquence des individus par classe de taille. La courbe de tendance de ces fréquences d'individus est en pointillés bleus. Ainsi chaque histogramme affiche une baisse de la fréquence des individus quand le diamètre augmente.

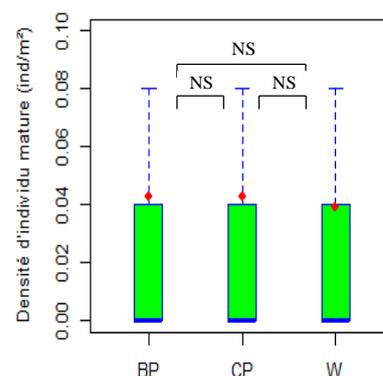


Figure 9 : Boxplot des densités d'individus matures vivants en fonction des sites ; les points rouges représentent la moyenne et les barres bleues centrales représentent la médiane

Sur les sites *Wilderness* et *Cactus Place*, une diminution significative de la fréquence d'individus apparaît à la classe 8 à 10 cm tandis que sur *Babit Point* elle apparaît à la classe 4 à 6 cm (Figure 10). Sur *Wilderness* et *Cactus Place* la structure reproductrice apparaît pour la classe de diamètre 10-12 cm et sur *Babit Point*, elle apparaît à partir de 14-16 cm.

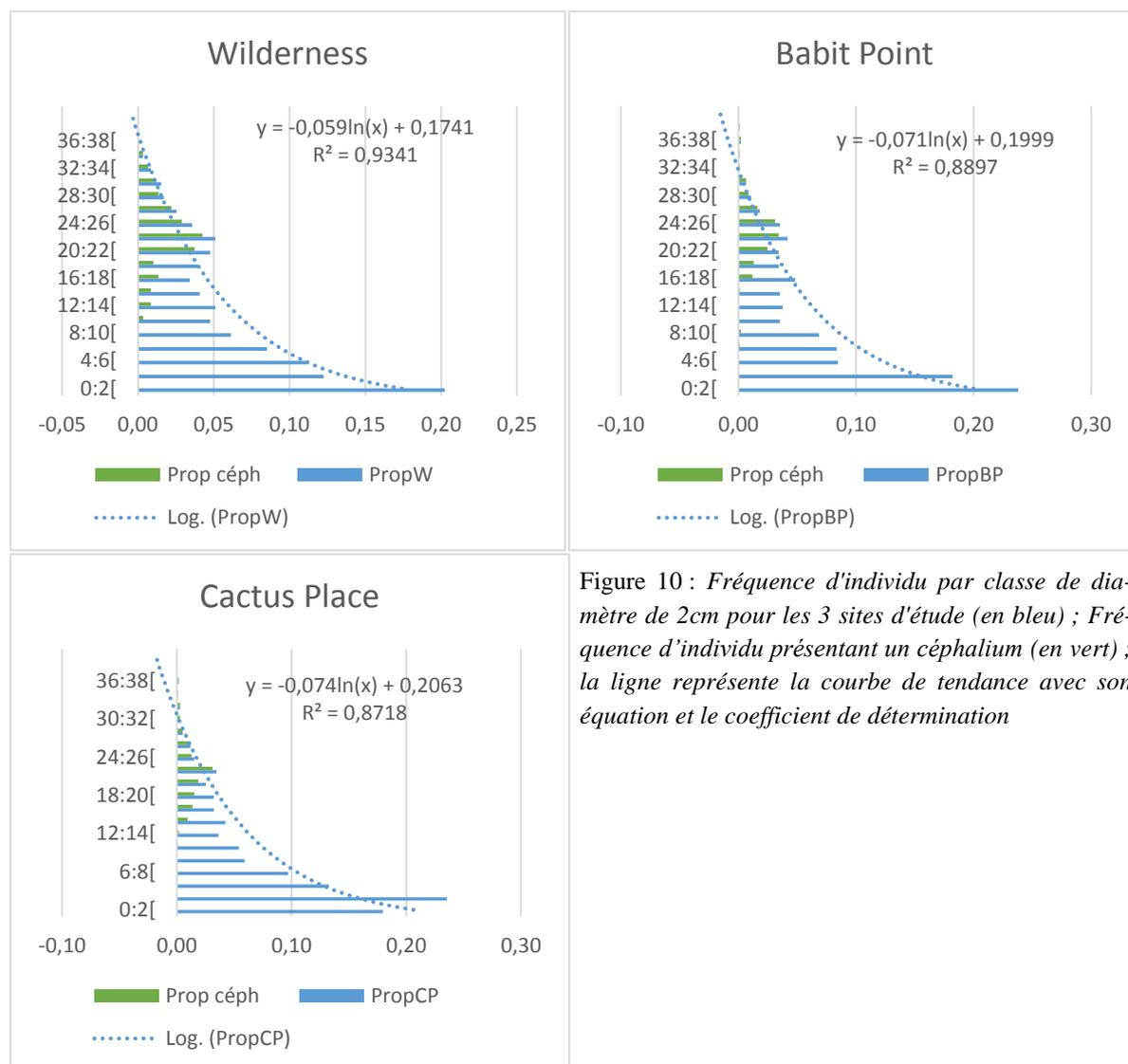


Figure 10 : Fréquence d'individu par classe de diamètre de 2cm pour les 3 sites d'étude (en bleu) ; Fréquence d'individu présentant un céphalium (en vert) ; la ligne représente la courbe de tendance avec son équation et le coefficient de détermination

Les proportions moyennes d'individus matures par zone d'étude sont : 0,26 (sd = 0,34) sur *Cactus Place*, 0,18 (sd = 0,22) sur *Babit Point*, et 0,41 (sd = 0,40) sur *Wilderness*. Au moins deux proportions moyennes montrent une différence significative entre les sites (Figure 11, $\chi^2 = 12,798$, N = 263, ddl = 2, p-valeur = 1,66e-03 : **). Les proportions moyennes d'individus juvéniles par zone d'étude sont : 0,35 (sd = 0,31) sur *Cactus Place*, 0,37 (sd = 0,31) sur *Babit Point* et 0,21 (sd = 0,28) sur *Wilderness*. Au moins deux proportions moyennes montrent une différence significative entre les sites (Figure 11, F.valeur = 7,085, N = 263, ddl = 2, p-valeur = 1,01e-03 : **).

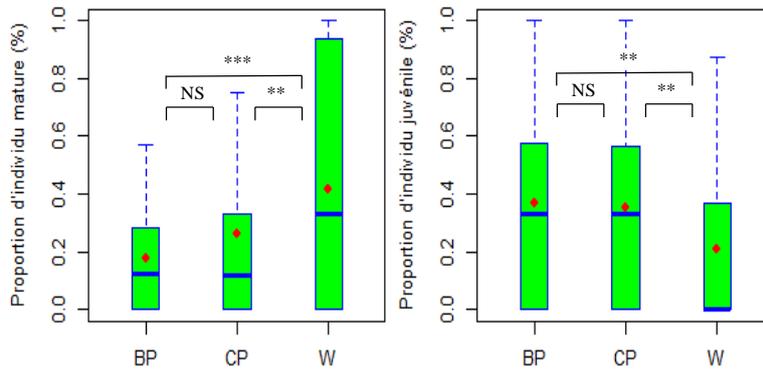


Figure 11 : Boxplot des proportions d'individus matures (gauche) et juvéniles (droite) en fonction des sites ; les points rouges représentent les moyennes et les barres bleues centrales représentent la médiane

Les diamètres moyens des individus matures par zone d'étude sont : 21,80 cm (sd = 4,62) sur *Cactus Place*, 23,00 cm (sd = 4,61) sur *Babit Point* et 22,83 cm (sd = 5,05) sur *Wilderness* et ne diffèrent pas significativement (Figure 12, F.valeur = 2,62, N = 414, ddl = 2, p-valeur = 0,074 : Non significatif (NS)).

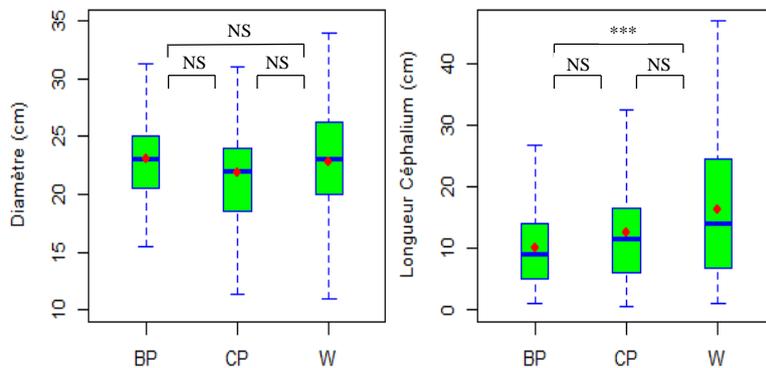


Figure 12 : Boxplot des diamètres d'individus matures en fonction des sites (gauche), boxplot du ln des longueurs de céphalium (droite) ; les points rouges représentent la moyenne et les barres bleues centrales représentent la médiane

Les longueurs moyennes des céphaliums principaux par zone d'étude sont : 12,47 cm (sd = 8,33) sur *Cactus Place*, 10,12 cm (sd = 6,85) sur *Babit Point* et 16,30 cm (sd = 11,74) sur *Wilderness*. Au moins deux longueurs moyennes de céphalium diffèrent (Figure 12, $\chi^2 =$

18,132, N = 414, ddl = 2, p-valeur = 1,16e-04 : ***).

c. Comparaison de l'état sanitaire des cactus entre les populations

Les *Melocactus* peuvent présenter des blessures d'origine parasites ou anthropiques. Ainsi, pour comparer statistiquement les proportions de blessures en fonction des sites, les différentes catégories ont été regroupées en une seule du type « blessure ».

Les proportions moyennes d'individus blessés par zone d'étude sont : 0,085 (sd = 0,20) sur *Cactus Place*, 0,095 (sd = 0,21) sur *Babit Point* et 0,20 (sd = 0,35) sur *Wilderness*. Il y a au moins deux proportions moyennes qui diffèrent entre les trois sites (Figure 13, F.valeur = 9,43, N = 141, ddl = 2, p-valeur = 1,45e-04 : ***).

Les proportions moyennes d'individus déracinés par zone d'étude sont : 0,011 (sd = 0,043) sur *Cactus Place*, 0,032 (sd = 0,011) sur *Babit Point* et 0,047 (sd = 0,12) sur *Wilderness*. Il y a au

moins deux proportions moyennes qui diffèrent entre les trois sites (Figure 13, F.valeur = 5,407, N = 62, ddl = 2, p-valeur = 6,98e-03 : **).

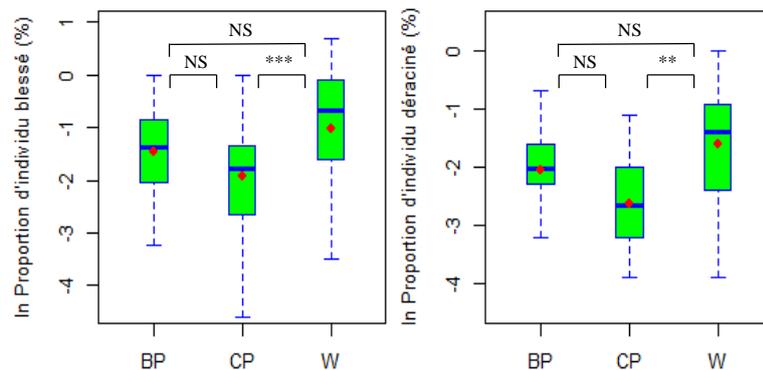


Figure 13 : Boxplot du ln des proportions moyennes d'individus blessés (gauche) et déracinés (droite) en fonction des sites ; les points rouges représentent les moyennes et les barres bleues centrales représentent la médiane

d. Répartition des *Melocactus* et analyses exploratoires

Une Analyse en Composantes Principales (ACP) préliminaire a été réalisée sur les 15 variables récoltées sur le terrain afin de déterminer quels paramètres semblent influencer sur la répartition des *Melocactus* sur les sites d'étude. Les données ont été centrées réduites lors de l'ACP (Figure 14). Le premier sous-espace, axe principal, restitue 20,67% de la variance dans les données tandis que le deuxième restitue 16,81% de la variance. Ainsi, ce sont uniquement les corrélations entre variables sur le cercle des corrélations qui seront étudiées ici. Les flèches les plus longues indiquent la qualité de représentation de la variable concernée sur la figure. Si la flèche est de longueur 1, la variable est représentée à 100%. Cette analyse concentrera donc l'interprétation principalement sur les flèches ayant une représentation d'au moins 50% (0,5 sur le cercle des corrélations à partir des données centrées-réduites). Lorsque l'angle entre deux flèches est d'environ 180 degrés, la corrélation est négative entre les variables. Dans le cas d'un angle à 90 degrés, les variables ne sont pas corrélées entre elles et n'ont donc pas d'influence l'une sur l'autre. Enfin, il y a corrélation positive quand deux variables vont dans la même direction. Ainsi les variables qui contribuent le plus à la création des deux composantes principales sont les variables nombre de clones (MoyClone), nombre de céphaliums (MoyCéph), densité de juvéniles (DensJ), d'immatures (DensI) et de morts (DensMort), recouvrement de roche (Roche) et d'herbe rase (HerbeRase) ainsi que le taux de blessure (Blessure). Les autres variables contribuent à moins de 50% aux deux axes. De manière globale on observe l'émergence de deux groupes opposés par le deuxième axe (Figure 14) : les variables liées au nombre d'individus avec l'absence de végétation et celles liées aux caractéristiques des individus avec la strate végétale rase.

Cercle des corrélations (ACP)

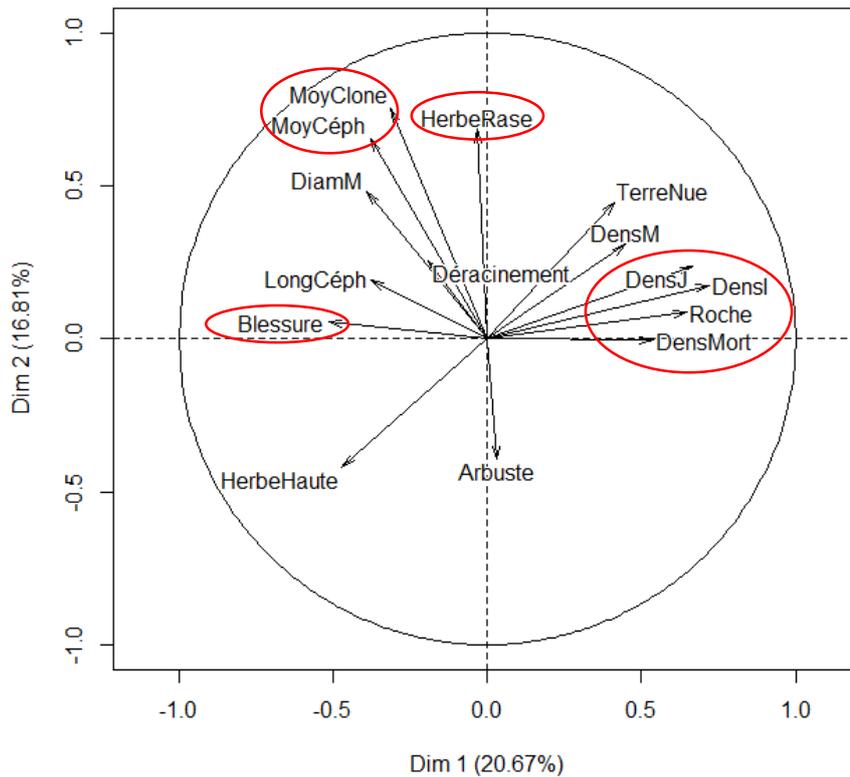


Figure 14 : Cercle des corrélations (Analyse en composantes principales) entre 15 variables en fonction des quadrats (Arbuste : strate arbustive, HerbeHaute : strate herbacée haute, HerbeRase : strate herbacée rase, TerreNue : terre nue, Roche : roche et gravier : MoyClone : nombre de clones, MoyCéph : nombre de céphalium, DiamM : diamètre mature, LongCéph : longueur céphalium, DensM/I/J : densité mature/immature/juvénile, DensMort : densité d'individu morts) : les ellipses rouges représentent les variables corrélées à plus de 50%

Les variables liées aux strates rases s'opposent avec celles liées aux strates hautes sur le premier axe. Ainsi toutes les variables liées aux populations de *Melocactus* sont connexes aux strates rases et nues par rapport au premier axe. Les densités de juvéniles, d'immatures et de morts sont corrélées positivement à la présence de roche. Ces densités (juvéniles et immatures) montrent une corrélation positive moins forte avec la terre nue. On observe également, que les densités entre les stades ontogéniques sont corrélées entre elles. La variable « densité de matures », du fait de sa contribution plus faible aux deux axes, semble être plus indépendante malgré une corrélation positive avec les variables de densité. La variable « déracinement » ne semble pas être structurante dans le jeu de données. Les variables « diamètre des matures », « moyenne de la longueur des céphaliums », et « moyenne du nombre de clones » sont corrélées positivement avec le taux de recouvrement d'herbe rase. On peut aussi noter que la variable « blessure » est négativement corrélée à la strate rocheuse.

IV. Discussion

a. Abondance et structure des populations de *Melocactus*

Les suivis de 2009 et 2016 à Saint-Martin ont eu lieu respectivement en août et mars-avril tandis que la date du suivi réalisé en 2011 reste inconnue. Ces différences de saison peuvent avoir un impact non négligeable sur la dynamique des populations de *M. intortus*. Fonseca *et al.*, (2008) ont mis en évidence, sur une espèce proche, *M. paucispinus*, une corrélation négative entre la pluie et la floraison, et une corrélation positive entre la pluie et la fructification. La dispersion étant en partie réalisée par les ruissellements chez l'espèce *M. intortus* (Francius, 2011), le recrutement a pu différer avec des pluviométries hétérogènes au cours des saisons et des années.

Sur le site de *Cactus Place*, les densités de cactus vivants ont fortement évolué entre 2009 et 2016 (Tableau 1). En effet, on retrouve 0,17 individus de plus au m² entre 2009 et 2011, puis en 2016 la densité d'individus vivants diminue pour atteindre 0,33 individus par m². La densité d'individus morts reste, quant à elle, stable au cours des années. Le site de *Babit Point* qui n'a été étudié qu'en 2011 et 2016 présente une densité moins importante d'individus vivants en 2016, et une proportion d'individus morts nettement supérieure (Tableau 1). Enfin le site de *Wilderness*, a été échantillonné pour la première fois cette année mais devrait faire l'objet d'un suivi régulier par la suite.

La comparaison des données peut être affectée par la mise en place de protocoles différents en fonction des années et notamment celui de 2011, suivi pour lequel a été pris en considération toute la surface de *Babit Point*, sans étudier les sentiers. Ces derniers ne sont pas négligeables car ils représentent plus d'un cinquième de la surface accessible de *Babit Point*. Aussi, l'absence de marquage des placettes (satellite ou physique) ne permettait pas la reproductibilité de l'échantillonnage.

Tableau 1 : Densités estimées des individus vivants et morts reportées pour l'espèce *Melocactus intortus* dans la littérature

Cactus Place	Densité d'individus vivants (ind/m ²)	Densité d'individus morts (ind/m ²)	Rapport vivant/mort
2009	0,26	0,09	2,89
2011	0,46	0,09	5,11
2016	0,33	0,1	3,30
Babit Point			
2011	0,38	0,02	19,00
2016	0,26	0,07	3,71

Malgré ces différences, les auteurs d'une publication récente affirment que les données sur la densité et la démographie sont essentielles pour déterminer la réussite d'une espèce à se reproduire (Romão *et al.*, 2008).

Il semble donc intéressant d'observer si les densités moyennes de *M. intortus* par mètre carré sur les trois sites d'études se situent dans la gamme observée chez d'autres espèces du genre *Melocactus* (Tableau 2). Pour le *M. violaceus*, l'auteur indique dans son étude que la rareté de cette espèce comparée à ses congénères représente une situation préoccupante (Figueiredo, 2016). Ainsi pour *M. intortus*, malgré le fait que cette espèce soit inscrite sur la liste rouge UICN, les résultats attestent qu'à Saint-Martin, la situation n'est pas alarmante (Taylor, 2013).

Tableau 2 : Densités estimées reportées pour le genre *Melocactus* dans la littérature

Espèce	Habitat	Densité (indv/ha)	Référence
<i>M. glaucescens</i> Buining & Brederoo	Formation de buissons épineux	500	Colaço et al. 2006
<i>M. violaceus</i> Pfeiffer	zone sableuse	143	Figueiredo, 2016
<i>M. ernestii</i> Vaupel	affleurements rocheux	6700	Hughes et al. 2011
<i>M. andinus</i> Gruber ex Taylor	pentcs rocheuses	20 à 30	Nassar et al. 2007
<i>M. curvispinus</i> Pfeiffer	patches xérique	jusqu'à 1290	Nassar et al. 2001
<i>M. intortus</i> (P.Mill.) Urb.	zones calcaires et pentcs rocheuses	3000 à 5000	Francius, 2011

Cette année, les densités de *Melocactus* sont plus faibles sur *Wilderness* par rapport à *Babit Point* alors que la fréquentation de ce dernier est plus importante. A savoir que sur *Wilderness*, un grand nombre d'usagers du sentier mange les fruits des *Melocactus* accessibles. *Babit Point*, quant à lui, présente une problématique différente car il y a surtout du pâturage. Il y aurait également eu des prélèvements d'individus matures pour l'ornementation, avant l'acquisition du terrain par le Conservatoire du littoral. En effet, les pressions sur ces deux sites sont très différentes, car d'un côté la pression s'applique directement sur la reproduction sexuée (*Wilderness*) avec une limitation de la dispersion des fruits, et donc du recrutement. D'un autre, les pressions s'exercent sur les adultes avec leur prélèvement et sur les individus juvéniles par piétinement des troupeaux (*Babit Point*). Pour beaucoup d'espèce de cactus dont certaines font partie des cactus globuleux, la taille du cactus est corrélée positivement à la fécondité (Valverde *et al.*, 2004 ; Mandujano *et al.*, 2007). Ainsi, la sélection des plus gros individus pour l'ornementation et le commerce peut alors avoir une incidence directe sur la fréquence de juvéniles observée.

Pour essayer de comprendre la dynamique qui s'applique sur chacun des sites, les histogrammes de fréquence des classes de taille ont été comparés. Ils peuvent indiquer la situation actuelle des populations et révéler d'éventuelles perturbations passées (Pulz *et al.*, 1999). Cependant, le manque de connaissance sur la biologie de cette espèce ne permet pas d'inférer sur l'origine de la baisse du nombre d'individus des différentes classes de taille. Ici, la tendance obtenue dans les résultats indique une relative stabilité des populations et montre un équilibre entre la mortalité et le recrutement des spécimens (Fabricante *et al.*, 2010).

Les pourcentages d'individus matures à *Cactus Place* passent de 83% à 31% entre 2009 et 2011. Cette même dernière année, il est de 31% à *Babit Point*. En 2016, les proportions d'individus matures sont nettement inférieures, avec seulement 16% sur *Cactus Place*, 18% sur *Babit Point* et 41% sur *Wilderness*. Cette diminution importante du nombre d'individus matures sur les deux premiers sites est assez préoccupante car révélatrice d'une forte mortalité des individus reproducteurs sur les huit dernières années. Les histogrammes montrent qu'une grande partie des individus immatures devraient former leur structure reproductrice très prochainement car ils ont atteint, voire dépassé, la taille des individus ayant déjà atteint la maturité. Nous avons observé que sur *Babit Point* le premier individu mature apparaît pour une classe de taille plus importante que sur les autres sites. Il n'y a à l'heure actuelle pas d'explication à ce phénomène. Cependant seulement 1/10^{ème} de la surface de répartition des *Melocactus* a pu être échantillonné et il serait donc nécessaire d'étudier la totalité du site pour pouvoir comparer ce résultat avec celui des autres sites. Il faut également savoir que la vitesse de croissance chez les *Melocactus* n'a pas été étudiée. Pour l'espèce *M. intortus* Francius (2011) établit que l'arrivée à maturité se fait entre 7 et 10 ans.

Concernant les proportions de juvéniles, la pluie jouerait un rôle prédominant dans le recrutement de nouveaux individus, la germination et la survie (Valiente-Banuet & Ezcurra, 1991 ; Valverde *et al.*, 2004 ; Hughes *et al.*, 2011). L'absence d'eau altère les processus métaboliques et cause un stress hydrique qui peut affecter le développement et la survie des individus (Hughes *et al.*, 2011 ; Luz-Freire *et al.*, 2014). On peut se demander pourquoi la densité et la proportion des juvéniles restent élevées alors que le suivi s'est déroulé à la suite d'une longue période de sécheresse. Dans une étude réalisée en 2005 sur une espèce de cactus globuleux (*Mamillaria pectinifera*), il a été observé que la présence d'un troupeau sur un site, peut augmenter la densité de cactus et plus particulièrement la présence de nouvelles recrues (Martorell & Peters, 2005). Selon les auteurs, cela peut résulter des besoins environnementaux de cette espèce. Cela a déjà été démontré pour d'autres espèces se développant préférentiellement sur les sols couverts de roches et graviers (Nobel *et al.*, 1992 ; Zavala-Hurtado & Valverde, 2003 ; Peters *et al.*, 2008). Il a également été démontré que les troupeaux peuvent, quand ils ne sont pas trop importants, réduire les couvertures arbustives et d'herbes hautes. Le piétinement, en contribuant à l'érosion superficielle, peut augmenter la surface couverte par le gravier (Martorell & Peters, 2005). L'augmentation de la surface de gravier, pourrait partiellement expliquer que la proportion d'individus juvéniles soit plus importante sur *Babit Point* que sur *Wilderness*. Sur ce dernier site, il faut noter que la prospection était impossible sur les pentes rocheuses abruptes et que ce substrat semble être un endroit particulièrement favorable pour le recrutement des juvéniles. La présence d'une importante densité de pousses aurait pu être observée.

L'étude des diamètres des individus matures ainsi que de la longueur des céphaliums peut refléter la survie des individus pendant leur maturité. La survie des matures sur *Wilderness*, et sur *Cactus Place*, est alors supérieure à celle de *Babit Point*. Ces résultats suggèrent que le statut de protection conféré par l'acquisition du Conservatoire du Littoral et la gestion de la Réserve est important. Ces sites auraient donc des conditions environnementales plus stables qui permettraient la conservation et protection des individus les plus âgés contre les perturbations (Figueiro, 2016). Bien sûr, la connaissance des croissances de chaque population et le suivi des paramètres abiotiques seraient un plus pour déterminer si la gestion actuelle des sites est favorable à la protection des *Melocactus* matures.

b. Dynamique et état de santé des populations de *Melocactus*

Les résultats montrent que le « déracinement » est peu corrélé avec l'augmentation de la taille des individus. Cependant, il a été démontré que la proportion de déracinement est supérieure sur *Wilderness*. Cela est probablement lié au degré d'inclinaison de la pente des zones accessibles, qui est nettement supérieure sur ce site. En grandissant les cactus deviennent de plus en plus lourds et peuvent être entraînés par leur poids dans la pente. D'autre part, la proportion d'individus blessés augmente quand le diamètre des individus matures augmente. Il est possible que le grand nombre d'individus matures, comme il a été enregistré les années précédentes, ait permis à des parasites de proliférer dans les populations et de décimer une partie des individus matures. Cela pourrait expliquer le fait que la population importante d'individus matures à *Wilderness* présente une proportion de blessures plus élevée que sur les deux autres sites.

La répartition des *Melocactus* semble être similaire sur *Babit Point* et *Cactus Place* entre les études de 2009, 2011 et 2016. En effet, sur le site de *Cactus Place* les *Melocactus* se concentrent de manière générale sur la partie rocheuse nord et nord-ouest avec une diminution croissante en s'éloignant des falaises (Figure 8). En s'éloignant de la crête rocheuse, on retrouve également une plus grande densité d'arbustes et d'herbe hautes.

Le site de *Babit Point*, quant à lui présente une plus forte densité de *Melocactus* à proximité de la mer sur les pentes externes sud, sud-est et est, par rapport au centre du site où la végétation arbustive se répartie en patchs nettement plus denses. Les zones où les densités sont les plus fortes se composent de substrats mixtes composés de terre nue, de graviers et de gros blocs rocheux. La fréquentation de *Babit Point* pourrait faire l'objet d'une prochaine étude pour déterminer si elle est liée aux densités d'individus. En effet, on retrouve peu de *Melocactus* sur le centre du site alors que le passage y est très aisé.

Le site de *Wilderness* présente des caractéristiques différentes par rapport aux deux autres car les *Melocactus* sont retrouvés en forte densité sur des zones beaucoup plus éloignées du bord de mer. Dans la partie nord du site, la proximité avec la côte semble être caractéristique de l'abondance en *Melocactus* avec un recouvrement très majoritaire d'herbe rase. La densité d'individus juvéniles y est également assez faible. Sur la pente ouest, au niveau des placettes 3,5 et 6, les *Melocactus* sont rares et l'herbe rase laisse place à l'herbe haute et aux arbustes (Figure 5). Sur la partie sud-est du site, la pente rocheuse est nue et abrupte. Elle présente une forte densité de *Melocactus*. En remontant cette pente vers l'ouest, les cactus sont toujours abondants malgré une strate arbustive de plus en plus importante.

Ces observations sont en cohérences avec les résultats d'autres études, telle que celle sur *M. oreas* (De Andrade *et al.*, sine data) démontrant la préférence des substrats rocheux par cette espèce. En effet, les auteurs considèrent que l'association avec ce type de substrat est préférentielle car l'humidité est disponible plus longtemps à proximité des rochers par rapport aux sols nus (Nobel *et al.*, 1992). Cependant, la présence de cactus sur les rochers ne prouve pas qu'il existe une relation de facilitation abiotique réduisant le stress. En effet, une telle distribution peut être due à l'interception des graines par les fissures ou à la dispersion des graines par des animaux (Godinez-Alvarez *et al.*, 2003 ; Peters *et al.*, 2008). Si l'amélioration du stress était vérifiée, cela signifierait que la survie des juvéniles serait supérieure sur les rochers plutôt qu'ailleurs. Le suivi d'une cohorte serait donc un atout majeur pour connaître la dynamique de recrutement des trois populations.

En observant les résultats, on peut supposer que l'espèce *M. intortus* ne nécessite pas la présence de plante nurse pour son développement, comme il a été prouvé pour d'autres espèces de cactus globuleux (*Mammillaria*), qui croissent préférentiellement en absence de plantes nurses (Godinez-Alvarez *et al.*, 2003). En effet, la facilitation biotique est moins importante pour les formes globuleuses de cactus car celles-ci préfèrent les habitats sur zones ouvertes (Larrea-Alcazar *et al.*, 2008). D'autre part, il a été observé des formes immatures et matures qui se retrouvent de manière sporadique sous les arbustes et dans les herbes hautes. La couche herbacée semble s'être très vite développée depuis 2009 sur *Cactus Place* (Annexe 1). Celle-ci a tendance à recouvrir les *Melocactus* déjà gros qui eux, ont une croissance plus faible. Cette couche herbacée peut également empêcher le recrutement des jeunes individus par asphyxie, ou par compétition pour la lumière et les ressources. Une autre étude démontre que l'espèce *M. actinacanthus* ne pousse pas dans les régions avec une couche herbacée, ni arbustive de plus de trois mètres (Torrez-Gonzalez *et al.*, 2005). Selon cette dernière, l'augmentation de la densité d'arbustes devient un facteur limitant du développement des cactus. Une autre publication montre que la répartition de *M. conoideus* n'est pas corrélée avec le recouvrement arbustif. Il y a cependant une corrélation négative entre les

densités d'individus jeunes et la couche herbacée (Brito *et al.*, 2007). Selon les auteurs, la végétation n'est pas le seul facteur responsable de la répartition des *Melocactus* et cette affirmation concorde avec le fait que l'ACP (Figure 14) n'explique pas la totalité de la variance.

La survie des *Melocactus*, tout comme l'établissement des juvéniles, peuvent être affectés par de nombreux facteurs écologiques tels que la texture du sol, la perméabilité, le pH, la température, la lumière, les nutriments (Godinez-Alvarez *et al.*, 2003; Mandujano *et al.*, 2007 ; Hughes *et al.*, 2011). En effet, les premières pousses de *Mamillaria magnimamma* présentent une croissance très lente (Nolasco *et al.*, 1996). La phase d'établissement des semis devient donc très longue. De plus les semis ne peuvent pas stocker autant d'eau que les individus immatures, les rendant ainsi plus vulnérables aux sécheresses. Enfin, cette forte teneur des tissus en eau les rend très vulnérable à la prédation (Valiente-Banuet & Ezcurra, 1991 ; Valverde *et al.*, 2004). En effet, à Saint-Martin, la présence de l'espèce invasive *Cactoblastis* (Berg.) (Lépidoptère), relâchée pour contrôler le genre *Opuntia* dans de nombreux pays du monde (Legaspi & Legaspi Jr., 2007), a été observée et représente une réelle menace pour le genre *Melocactus* (Malterre, 2009 ; Francius, 2011).

D'autre part, l'établissement des *Melocactus* juvéniles, tel qu'il a été observé pendant cette étude, et comme le montre l'ACP, se fait souvent à proximité des individus adultes. Selon une publication sur le *M. ernestii* (Hughes *et al.*, 2011), l'établissement des juvéniles peut être facilité à proximité d'une plante mère, quand les conditions environnementales y sont favorables. Cependant si les conditions deviennent défavorables la facilitation peut se transformer en compétition.

Selon certains scientifiques, la présence de clones sur l'individu principal peut être caractéristique d'un stress subi par cet individu (Francius, 2011), ou d'un dommage structurel sur la zone apical chez *M. curvispinus* (Nassar & Ramirez, 2004). Pour un autre chercheur, ces clones représentent simplement des tiges annexes au tronc principal (Rousteau, 2016, comm. pers.). Le cercle des corrélations montre que le nombre de clones et de céphaliums est corrélé positivement avec le diamètre moyen des individus matures. Etant donné que le céphalium croît sur la partie apicale du cactus, et qu'avec le temps, le risque de dommages sur cette structure augmente, on peut supposer que la présence de tiges annexes est due au stress. Les clones permettraient alors au *Melocactus* de former d'autres structures reproductrices lui permettant ainsi de poursuivre sa reproduction sexuée. Cela peut correspondre au fait que sur Wilderness, le nombre de clone est très important là où il a été observé de nombreuses fourmilières à l'intérieur des *Melocactus*. La présence de plus de 20 clones superposés sur un individu pourrait alors être le fruit du hasard, en réponse à une agression physique ou biologique.

V. Conclusion

En somme, *Cactus Place*, zone la moins fréquentée des trois sites étudiés, présente une densité d'individus vivants (0,33 ind/m²) et morts (0,1 ind/m²) plus importante, suivi par *Babit Point* (0,26 et 0,07 ind/m²) et enfin *Wilderness* (0,16 et 0,02 ind/m²). Le taux de fréquentation des sites et les densités en cactus qu'ils abritent ne sont donc pas négativement corrélés. En effet, le site le plus fréquenté (par le public et les animaux) présente une densité moyenne relativement importante. L'érosion superficielle du site accentuée par le pâturage répété, peut rendre le substrat particulièrement propice au recrutement des populations de *Melocactus*. De plus un pâturage trop intense et non encadré peut compromettre la régénération des espèces menacées. L'absence de pâturage pourrait également aboutir à la disparition d'une partie du milieu ouvert favorable au développement de *M. intortus*.

Les densités en individus matures ne diffèrent pas significativement au sein des trois populations. Les individus matures composant les populations ne semblent pas impactés de manière significative par des pressions anthropiques ou parasitaires notables. La raréfaction de ces derniers depuis les années précédentes peut simplement être représentative d'une bonne dynamique de ces populations. L'analyse de certains paramètres tels que les proportions de juvéniles et de matures s'est avérée être utile car elle a montré que les populations se comportent de manières différentes en fonction des sites mais qu'il y a un équilibre entre le taux de mortalité et de natalité. Cet équilibre est caractéristique des populations en bonnes santé.

L'analyse des diamètres d'individus matures prouvent que cette caractéristique n'est pas un critère utile pour déterminer l'état de santé des individus matures. En effet, l'apparition du céphalium nécessitant une allocation énergétique conséquente, implique un arrêt de la croissance végétative de la plante. Le critère « longueur des céphaliums » est donc plus important car il permet d'inférer sur l'âge des individus et notamment sur leur état de conservation. Celui-ci montre que les populations localisées sur *Cactus Place* et *Wilderness* sont mieux conservées que la population de *Babit Point*. Un suivi sur le long terme est donc nécessaire afin de proposer des mesures de gestion adéquates dans les prochaines années.

Finalement les analyses statistiques ont montré que les cactus juvéniles et immatures sont répartis sur des terrains plutôt rocheux avec de la terre nue et ne sont que très rarement disséminés dans la strate herbacée haute. Pour les prochains suivis, le choix aléatoire des quadrats au sein des placettes permettrait de supprimer le problème de la continuité écologique.

Les caractéristiques liées à la survie des *M. intortus* matures et aux recrutements des juvéniles n'ont pas été déterminées lors de cette étude. Pour cela, il serait intéressant d'étudier les paramètres abiotiques.

Un inventaire des îlets a permis de mettre en évidence la présence d'autres populations relativement importante sur l'îlet Tintamarre (Annexe 2). Leur étude pourrait alors permettre de comparer les populations des sites, avec un témoin ne subissant pas, ou peu, de perturbations d'origine anthropiques.

Le gestionnaire de la réserve envisage également de réintroduire des individus sur l'îlet Pinel. Cette action ambitieuse nécessite la mise en place de nouveaux aménagements et règlements pour préserver les zones d'implantation face à l'importante fréquentation du site par le public. Cette translocation devrait être faite sur des milieux stables dans le temps, composés de roche et terre nue.

VI. Bibliographie

- Bock J.H., & Bock C.E., 1998. *Tall grass prairie: remnants and relicts*. Great Plains Research 8(2) : 213–230.
- Brito K.S., Oliveira H.M.F., Melo J.R.F., Morais C.G., Sá-Neto R.J., & Corrêa, M.M., 2007. *Efeito da densidade da cobertura vegetal na população de Melocactus conoideus (cactaceae) no parque municipal serra do periperi*. Anais do VIII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG : 1-3.
- Brito-Kateivas K.S., & Correa M.M., 2012. *Ants interacting with fruits of Melocactus conoideus Buin. & Brederoo (Cactaceae) in southwestern Bahia, Brazil*. Biotemas 25 : 153-159.
- Cerqueira-Silva C.B.M., & Santos D.L., 2007. *Fenologia reprodutiva de Melocactus conoideus Buin. & Bred.: especie endemica do Municipio de Vitoria da Conquista, Bahia – Brasil*. Revista Brasileira de Biociências 5 : 1095-1097.
- CITES., 2012. *Appendices I, II, III valid from 25 September 2012*. Convention on International Trade in Endangered Species of wil fauna and flora (CITES) : 1-46. <http://www.cites.org/>
- De Andrade L.A., Fabricante J.R., & Marques F.J., (sine data). *Melocactus oreas Miq.: caracterização populacional em um inselberg, Município de Poçinhos, PB* : 1-2.
- Dervin D., 1992. *Analyse des correspondances*. Ed. ITCE. Paris R : 72.
- Diaz N., & Cuzange P.A., 2009. *Plan de gestion de la réserve naturelle nationale de l'île de Saint-Martin et des sites du conservatoire de l'espace littoral et des rivages lacustres*. Réserve Naturelle de Saint-Martin : 1-60.
- Fabricante J.R., De Andrade L.A., & Marques F.J., 2010. *Caracterização populacional de Melocactus zehntneri (Britton & Rose) Luetzelburg (Cactaceae) ocorrente em um inselbergue da Caatinga paraibana*. Biotemas 23(1) : 61-67.
- Figueira J.E.C., Vasconcelos-Neto J., Garcia M.A., & Souza A.L.T., 1994. *Saurocory in Melocactus violaceus (Cactaceae)*. Biotropica 26 : 295-301.
- Figueiredo M.D.S.L., 2016. *Population biology of the melon cactus Melocactus violaceus subsp. Violaceus (cactaceae) on a brazilian sandy coastal plain*. Oecologia Australis 20(1) : 51-57.
- Fonseca R.B.S., Funch L.S., & Borba E.L., 2008. *Reproductive phenology of Melocactus (Cactaceae) species from Chapada Diamantina, Bahia, Brazil*. Brazilian Journal of Botany 31(2) : 237-244.
- Francius E., 2011. *Rapport de mission à St Martin Dynamique de population et biologie de Mélocactus intortus Sur les sites de Cactus Place et Oyster pond*. Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin : 1-39.
- Godinez-Alvarez H., Valverde T., & Ortega-Baes P., 2003. *Demographic trends in the Cactaceae*. The Botanical Review 69 : 173-203.

- González-Torres L.R., Matos J., Palmarola A., Torres A., Izquierdo A., Areces F., & Rodríguez A., 2005. *Conservación de Melocactus actinacanthus*. Rapport final, Memorias del Taller Conservación de Cactus 3.
- Haridas C.V., Keeler K.H., & Tenhumberg B., 2015. *Variation in the local population dynamics of the short-lived Opuntia macrorhiza (Cactaceae)*. Ecology 96(3) : 800-807.
- Hernandez H.M., & Godinez H., 1994. *Contribución al conocimiento de las cactáceas mexicanas amenazada*. Acta Botánica Mexicana (26) : 33-52.
- Hernandez-Oria J.G., Chavez-Martinez R., & Sanchez-Martinez E., 2007. *Factores de riesgo en las Cactaceae amenazadas de una region semiarida en el sur del desierto Chihuahuense, Mexico*. Interciencia 32 : 718-734.
- Hughes F.M., De La Cruz Rot M., Romao R.L., & Castro M.S., 2011. *Dinamica espaco-temporal de Melocactus ernestii subsp. ernestii (Cactaceae) no Nordeste do Brasil*. Revista Brasileira de Botânica 34 : 389-402.
- Larrea-Alcázar D.M., & Soriano P.J., 2008. *Columnar cacti-shrub relationships in an Andean semiarid valley in western Venezuela*. Plant Ecology 196 :153-161.
- Larrea-Alcázar D.M., Murillo J.J., Figueredo C.J., & Soriano P.J., 2008. *Spatial associations between two globose cacti and two dominant mimosoid bushes in a tropical semiarid enclave*. Ecotropicos 21(2) : 97-105.
- Lebart L., Morineau A., & Fenelon J.P., 1979. *Traitement des données statistiques méthodes et programmes*. Ed. Bordas. Paris : 274-327.
- Legaspi J.C., & Legaspi Jr. B.C., 2007. *Life table analysis for Cactoblastis cactorum immatures and female adults under five constant temperatures: implications for pest management*. Annals of the Entomological Society of America 100 : 496-505.
- Luz-Freire H.P., Trindade D.P.F.D., Sá-Neto R.J.D., & Corrêa M.M., 2014. *Survival dynamics of Melocactus conoideus Buining & Brederoo (Cactaceae), a threatened species endemic to northeastern Brazil*. Acta Botanica Brasilica 28(2) : 293-297.
- Malterre P., 2009. *Suivi des populations de Tête à l'anglais Melocactus intortus sur le site de Cactus Place*. Réserve Naturelle Nationale de Saint-Martin : 1-14.
- Mandujano M.C., Flores-martínez A., Golubov J., & Ezcurra E., 2002. *Spatial distribution of three globose cacti in relation to different nurse-plant canopies and bare areas*. Southwestern Naturalist 47 : 162-168.
- Mandujano M.C., Verhulst J.A.M., Carrillo-Angeles I.G., & Golubov J., 2007. *Population dynamics of Ariocarpus scaphirostris bodeker (Cactaceae): evaluating the status of a threatened species*. International Journal of Plant Sciences 168 : 1035-1044.
- Martorell C., & Peters E.M., 2005. *The measurement of chronic disturbance and its effects on the threatened cactus Mammillaria pectinifera*. Biological Conservation 124(2) : 199-207.

- Meddour R., 2011. *La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne*. Institut d'Agronomie, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Faculté des Sciences Biologiques et Agronomiques. Tizi Ouzou. Algérie : 1-40.
- Nassar J.M., & Ramírez N., 2004. *Reproductive biology of the melon cactus, Melocactus curvispinus (Cactaceae)*. Plant Systematics and Evolution 248(1-4) : 31-44.
- Nassar J.M., Ramírez N., Lampo M., González J.A., Casado R., & Nava F., 2007. *Reproductive biology and mating system estimates of two Andean melocacti, Melocactus schatzlii and M. andinus (Cactaceae)*. Annals of botany 99(1) : 29-38.
- Nobel P.S., Miller P., Gram E., 1992. *Influence of rocks on soil temperature, soil water potential and rooting patterns for desert succulents*. Oecologia 92 : 90-96.
- Nobel P.S., & Loik M.E., 1999. *Form and function of cacti*. In: Robichaux R.H., (ed.) *Ecology of Sonoran Desert plants and plant communities*. Tucson, AZ: University of Arizona Press : 143-163.
- Nobel P.S., 2002. *Cacti: biology and uses*. University of California Press, Berkeley : 202-222.
- Nolasco H., Vega-Villasante F., Romero-Schmidt H. L., & Díaz-Rondero A., 1996. *The effects of salinity, acidity, light and temperature on the germination of seeds of cardón (Pachycereus pringlei (S. Wats.) Britton & Rose, Cactaceae)*. Journal of Arid Environments 33(1) : 87-94.
- Peters E.M., Martorell C., & Ezcurra E., 2008. *Nurse rocks are more important than nurse plants in determining the distribution and establishment of globose cacti (Mammillaria) in the Tehuacán Valley, Mexico*. Journal of Arid Environments 72(5) : 593-601.
- Petit V., Lesage P., & Raçon J.Ph., 1990. *Etude hydrogéologique de Saint-Martin, Guadeloupe*. Rapport R30482, BRGM Agence Régionale des Antilles : 1-105.
- Pulz, F. A., Scolforo J.R., Oliveira A.D., Mello J.M.E., Oliveira Filho T., 1999. *A curacidade da predição da distribuição diamétrica de uma floresta inequiana com a matriz de transição*. Cerne 5: 1-14.
- R Core Team., 2015. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- Redon M., 2007. *Migrations et frontière : le cas de Saint-Martin, Études caribéennes*. 8 | Décembre, mis en ligne le 08 septembre 2008, consulté le 21 avril 2016. URL : <http://etudescaribeennes.revues.org/962>
- Rocha E.A., & Agra M.F., 2002. *Flora do Pico do Jabre, Paraíba, Brasil: Cactaceae Juss*. Acta Botanica Brasilica 16(1) : 15-21.
- Rojas-Arechiga M., & Vasquez-Yanes C., 2000. *Cactus seed germination: a review*. Journal of Arid Environments 44 :85–104.
- Rojas-Sandoval J., & Meléndez-Ackerman E., 2013. *Population dynamics of a threatened cactus species: general assessment and effects of matrix dimensionality*. Population ecology 55(3) : 479-491.

Romão R.L., Hughes F.M., Vieira A.M.C., & Fontes E.C., 2008. *Autoecologia de Cabeça-de-frade (Melocactus ernestii Vaupel) em duas áreas de afloramentos na Bahia*. Revista Brasileira de Biociências 5(S1) : 738.

Rizzini C.T., 1982. *Melocactus no Brasil*. Rio de Janeiro, IBDF - Jardim Botânico do Rio de Janeiro : 142.

Taylor N.P., & Zappi D.C., 2004. *Cacti of eastern Brazil*. Royal Botanic Gardens, Kew.

Taylor N.P., 2013. *Melocactus intortus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013 : e.T152029A588980.

Theodorsson-Norheim E., 1986. *Kruskal-Wallis test: BASIC computer program to perform non-parametric one-way analysis of variance and multiple comparisons on ranks of several independent samples*. Computer methods and programs in biomedicine 23(1) : 57-62.

Tomasson R., 1995. *L'analyse en composantes principales*. Labo. De Biométrie du C.N.R.S. Paris. Alfred Handal. Ed. Arthaud : 218-282.

UICN., 2006. *IUCN Red List of Threatened Species*. Disponible sur <http://www.redlist.org>.

Valiente-Banuet A., & Ezcurra E., 1991. *Shade as a cause of the association between the cactus Neobuxbaumia tetetzo and the nurse plant Mimosa luisiana in the Tehuacán Valley, Mexico*. Journal of Ecology 79 : 961–971.

Valverde T., Quijas S., López-Villavicencio M., & Castillo S., 2004. *Population dynamics of Mammillaria magnimamma Haworth. (Cactaceae) in a lava-field in central Mexico*. Plant Ecology 170 : 167-184.

Zamith L.R., Cruz D.D., & Richers B.T., 2013. *The effect of temperature on the germination of Melocactus violaceus Pfeiff.(Cactaceae), a threatened species in restinga sandy coastal plain of Brazil*. Anais da Academia Brasileira de Ciências 85(2) : 615-622.

Zar J.H., 1999. *Biostatistical Analysis*. 4th ed., Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall : 662.

Zavala-Hurtado J.A., & Valverde P.L., 2003. *Habitat restriction in Mammillaria pectinifera, a threatened endemic Mexican cactus*. Journal of Vegetation Science 14(6) : 891-898.

Annexes

Photo Cactus Place 2009



Photo Cactus Place 2016



Annexe 1 : Photos 2009 et 2016 de Cactus Place sous deux angles différents



Annexe 2 : Cartographie du nombre d'individus inventoriés sur 4 îlets de Saint-Martin. De haut en bas : Tintamarre, Pinel et Petite clé, puis Caye verte.

Résumé

L'étude des populations de cactus tête à l'anglais (*Melocactus intortus* (Mill.) Urb.), s'est déroulée au sein de la réserve naturelle de Saint-Martin dans le nord-est des Caraïbes. Cette espèce est protégée par la convention sur le commerce international (CITES) ainsi que par des arrêtés ministériels en France. Cette étude, a pour objectif d'analyser l'état de santé et la dynamique des populations de *Melocactus*. Sur chacun des trois sites étudiés, 6 placettes chacune divisée en 24 quadrat de 5 m², ont été placées entre les mois de février et avril. A l'intérieur, les individus ont été mesurés sur leur section intermédiaire, puis dénombrés en fonction de trois stades ontogéniques. Pour chaque individu, la présence de blessure, le nombre de clone et la longueur du céphalium ont été notés ainsi que le recouvrement de chaque quadrat. Les densités de cactus observées sur les sites d'étude étaient plus basses qu'en 2009 et 2011 mais plus importantes que celles reportées pour d'autres espèces du genre. Les densités d'individus sont corrélées positivement avec les substrats nus, et négativement avec l'herbe haute. Finalement, les trois populations présentent une dynamique relativement similaire avec un équilibre entre les mortalités et les naissances. L'état de santé des trois populations n'est donc pas alarmant cependant, il semble important de poursuivre le suivi de ces populations sur le long terme pour développer un plan de conservation efficace.

Mots clés : cactus tête à l'anglais; protégée ; équilibre ; état de santé ; conservation

Abstract

The study of the turk's head cactus populations (*Melocactus intortus* (Mill.) Urb.), took place within the Nature Reserve of Saint Martin in the northeast Caribbean. This species is protected by the Convention on International Trade (CITES) as well as French ministerial decrees. This study aims to determine the health status and dynamics of *Melocactus* populations. On the three sites studied, 6 plots each divided into 24 quadrat of 5 m² were placed between february and april. Inside, individuals were measured on their central section, and then counted according to three ontogenetic stadium. For each individual, presence of injury, number of clone and cephalium length were observed as well as covering of each quadrat. Cactus densities on the study sites were lower than in 2009 and 2011 but larger than those reported for other species of the genus. Individuals' densities were positively correlated with bare substrates, and negatively with tall grass. Finally, the three populations show a relatively similar dynamic with a balance between mortality and birth. The health status of each sites was not alarming though it seems important to continue monitoring these populations on a long term period to develop a plan for effective conservation.

Keywords : turk's head cactus ; protected ; balance ; health status ; conservation