

Suivi de la population et sélection d'habitat du Héron crabier blanc *Ardeola idae* (Ardeidae) dans dix de ses zones de distribution à Madagascar

Yverlin Z. M. Pruvot¹, Lily-Arison Rene de Roland¹, Marius Rakotondratsima¹, Gilbert Razafimanjato¹, Tolojanahary Andriamalala¹, Donatien Randrianjafiniasa¹, Yvette Razafindrakoto² & Rivo Rabarisoa³

¹ The Peregrine Fund Madagascar Project, BP 4113 Antananarivo 101, Madagascar

E-mail : yverlinpruvot@yahoo.fr, lilyarison@yahoo.fr, mariusphr@yahoo.com, rmanjato@yahoo.fr, tollens37@yahoo.fr, radonatien@gmail.com

² Projet COKETES, Ministère de l'Environnement et de Développement Durable, Antananarivo 101, Madagascar

E-mail : razafyve@yahoo.com

³ Asity Madagascar, BP 1074, Antananarivo 101, Madagascar.

E-mail : rivo.rabarisoa@birdlife-mada.or

Résumé

La présente étude s'est focalisée sur l'évaluation de la population et la préférence en habitat du Héron crabier blanc *Ardeola idae*. Elle a été réalisée entre mai 2017 et avril 2019 dans les Aires Protégées (APs) d'Ambondrobe, de Bemanevika, du Complexe Mahavavy-Kinkony, du Complexe Tsimembo Manambolomaty et de Mandrozo, du Parc National d'Ankarafantsika, du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, du Parc Tsarasaotra et du Lac Sofia ainsi que des zones humides non protégées de Bealanana. Les suivis de la population ont permis de recenser 952 individus, dont 558 adultes et 394 juvéniles. Seize colonies en pleine phase de reproduction, abritant un total de 211 couples nicheurs ont été localisées dans l'ensemble des zones d'étude. En outre, des populations hivernantes ont été observées à Ambondrobe, Complexe Mahavavy-Kinkony, Complexe Tsimembo Manambolomaty et Mandrozo, avec un effectif maximum de 70 individus recensés durant la saison d'hivernage en 2018. Les habitats d'occurrence de l'espèce sont constitués par des lacs, marais, marécages, fleuves, rivières, forêts galeries, mangroves et vasières, tannes, mares temporaires et rizières. Les individus observés ont montré une préférence écologique pour les lacs et les marais aussi bien durant la saison de reproduction

que celle d'hivernage. L'analyse de la sélection d'habitat de nidification a montré que l'espèce niche de préférence sur les végétations de papyrus et de roseaux, ayant un taux de recouvrement moyen de 82,5 % et des hauteurs moyennes de 2,7-4,9 m, étant toujours gorgée d'eau et se trouvant à proximité des plans d'eau permanente et loin de la perturbation humaine. Ces résultats sont utiles pour assurer la conservation de *A. idae* à long terme.

Mots clés : population, habitat, Héron crabier blanc, suivi écologique, zones humides, Madagascar

Extended abstract

This study was mainly focused on the current population, habitat requirement, and nest site selection of the Endangered Madagascar Pond Heron, *Ardeola idae*. It was conducted between May 2017 and April 2019 in the protected areas of Ambondrobe, Bemanevika, Complex Mahavavy-Kinkony, Complex Tsimembo Manambolomaty and Mandrozo, Ankarafantsika, Tsimbazaza Park, Tsarasaotra Park, Sofia Lake, and non-protected wetlands of Bealanana. During the study, we recorded a total of 952 individuals composed of 558 adults and 394 juveniles at 71 sites in the different study areas. We also recorded 16 breeding colonies of the species with a total of 211 nesting pairs. During the non-breeding season from June to August, we counted 70 wintering individuals at Ambondrobe, Complex Mahavavy-Kinkony, and Complex Tsimembo Manambolomaty and Mandrozo. The habitats frequented by this species consist of lakes, marshes, swamps, rivers, gallery forests, mangroves and associated mudflats, temporary pools, and rice fields. This species has an ecological preference for lakes and marshes during both the breeding and wintering seasons.

The Madagascar Pond Heron mainly nests on papyrus and reed vegetation, with an average vegetation cover rate of 82.5% (n = 16 colonies) and heights from 2.7 to 4.9 m. All nesting habitats (n = 16) were waterlogged with an average water depth of 0.94 m, on average 47.7 m (n = 16) from the open water body, 379 m from the feeding habitats, 173.4 m from the nearest forest, 1720.9 m

from the nearest village, and 572.3 m from the closest human disturbance. We compared habitat characteristics for three variables using Discriminant Analysis and MANOVA (Multivariate Analysis of Variance): between nesting sites, potential nesting sites (heronry not used by *A. idae*), and random sites (available habitats with no heronry). The results showed significant differences between the three habitat type characteristics, and the following variables were the most important in nesting habitat selection: vegetation cover and height, water depth, distances from open water body, feeding habitats, nearest forest, and human disturbance. This study will be useful in orienting conservation programs and management plans of the Madagascar Pond Heron and Malagasy wetlands.

Keywords: population, habitat, Madagascar Pond Heron, monitoring, wetlands, Madagascar

Introduction

Le Héron crabier blanc, *Ardeola idae*, est une espèce d'oiseau d'eau migratrice nicheuse de Madagascar et de quelques îles voisines telles que Seychelles, Mayotte et Europa (Benson & Penny, 1971 ; Betts, 2002 ; Rocamora, 2008). En dehors de la saison de reproduction, entre mai et septembre, il migre vers l'Afrique orientale et centrale, et la majorité des individus revient à Madagascar pour se reproduire entre octobre et avril (Pruvot, 2020 ; Rabarisoa *et al.*, 2020). Un déclin de la population de cette espèce a été signalé au cours des 50 dernières années (Salvan, 1972 ; Morris & Hawkins, 1998) par suite de la perte de son habitat naturel, la collecte des œufs et poussins, et la perturbation des sites de nidification (Ndang'ang'a & Sande, 2008). Ainsi, l'espèce est classée En danger (EN) sur la liste rouge de l'UICN depuis 2004 (IUCN, 2020) à cause de ses pressions et de sa petite population restante, évaluée entre 2000 et 6000 individus dans toute son aire de distribution (Delany & Scott, 2002).

Face à cette situation alarmante, Madagascar a développé un plan d'action national focalisé principalement sur la conservation de Héron crabier blanc et son habitat naturel. Cette initiative entre dans le cadre de la concrétisation de l'engagement étatique vis-à-vis de la communauté internationale sur la conservation des oiseaux d'eau migrants. Ce plan d'action a été établi en 2008 et est déjà mis en œuvre depuis 2010 afin d'améliorer les connaissances de base et le statut de conservation de cette espèce. Toujours dans la même optique, une autre disposition a été prise afin de renforcer

les efforts déjà effectués. Il s'agit de la création du Projet COKETES (Conservation des Espèces Clés, Endémiques, Menacées et de Valeur Economique), étant mis en œuvre à Madagascar depuis 2017. Ledit projet a pour objectif de conserver les espèces clés, endémiques menacées, incluant *A. idae*, à travers leur valorisation économique et l'implication des acteurs de conservation tels que des gestionnaires des aires protégées (AP) et des communautés riveraines. L'objectif est de développer un programme de suivi de la population et de recherches bioécologiques en vue d'une meilleure conservation de cette espèce. Malgré l'existence de quelques informations disponibles concernant la distribution, la tendance de la population, l'habitat, le régime alimentaire et la biologie de reproduction de cette espèce (Burger, 1990 ; del Hoyo *et al.*, 1992 ; ZICOMA, 1999 ; Kushlan & Hancock, 2005 ; Pruvot, 2020 ; Pruvot *et al.*, 2020 ; Rabarisoa *et al.*, 2020), la taille actuelle de sa population pendant et hors de la période de reproduction et ses exigences écologiques demeurent mal connues. La présente étude effectuée dans 10 des zones de distribution de *A. idae* à Madagascar traite ces points manquants. Les objectifs de cette étude sont de : (1) évaluer la taille de la population de cette espèce dans les zones d'étude, (2) analyser la distribution et la variation saisonnière de la structure de la population dans les différentes zones prospectées et (3) caractériser et déterminer les habitats préférentiels durant et hors de la saison de reproduction. Ainsi, le présent article fournit des informations scientifiques permettant d'améliorer la connaissance sur le Héron crabier blanc et des données fiables pouvant aider au renforcement des actions de conservation déjà entreprises afin d'assurer sa survie à long terme.

Méthodologie

Zones d'étude

Cette étude a été effectuée dans 10 zones éparpillées ayant des statuts différents : six aires protégées (AP), un parc botanique et zoologique, un parc privé, une réserve communautaire et une zone non protégée. Certaines zones d'étude se localisent dans les Hautes Terres septentrionales (AP Bemanevika, Lac Sofia et les zones humides non protégées de Bealanana), d'autres se situent dans la partie occidentale (APs Complexe Tsimembo Manambolomaty, Mandrozo, Ambondrobe, Complexe Mahavavy-Kinkony et Ankarafantsika) et quelques-unes se trouvent sur les Hautes Terres centrales (Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza et

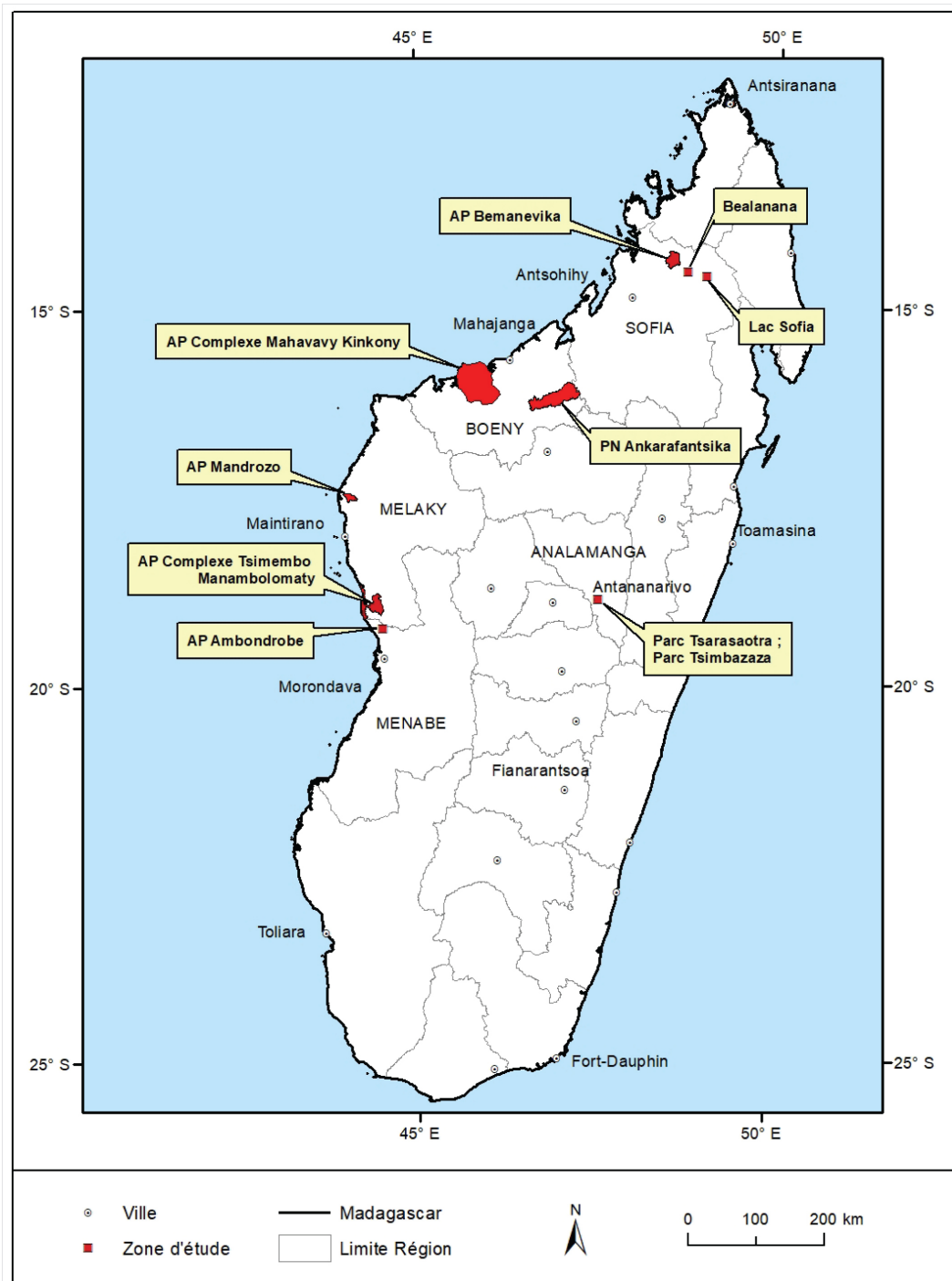


Figure 1. Carte de localisation des zones d'étude (source : The Peregrine Fund, 2019).

Parc Tsarasaotra) (Figure 1). Ces zones d'étude ont été choisies du fait qu'elles possèdent différents types de zones humides abritant une population non négligeable de Héron crabier blanc. Elles constituent donc des sites clés qui tiennent une place importante dans le cycle de vie de cette espèce. De plus, elles sont presque toutes des zones protégées ; elles sont ainsi censées être non perturbées. Par ailleurs, à part les zones humides non protégées de Bealanana et le Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, les autres zones d'étude portent le label de Site Ramsar

(Zones humides d'importance internationale) grâce aux inestimables valeurs écologiques, scientifiques, économiques, culturelles et récréatives qu'elles procurent. Elles constituent également des habitats de prédilection de nombreuses espèces d'oiseaux d'eau associées directement ou indirectement à l'espèce étudiée. Dans chacune de ces zones, seulement les zones humides ont fait l'objet de suivis et d'étude, étant donné que l'espèce étudiée y est particulièrement abondante.

Collectes des données

Evaluation de la taille de la population

L'évaluation de la taille de la population d'*Ardeola idae* dans l'ensemble des zones d'étude a été basée sur des recensements systématiques entrepris entre les mois de mai 2017 et d'avril 2019. Cette période correspond à deux saisons hors de reproduction (mai à septembre 2017 et 2018) et deux saisons de reproduction (octobre 2017 à avril 2018 et octobre 2018 à avril 2019) de l'espèce. Dans chacune des zones d'étude, les recensements ont été effectués dans tous les habitats potentiels (lacs, marais, mares, marécages, rizières, fleuves, rivières et mangroves) susceptibles d'être fréquentés par l'espèce cible. Quatre méthodes complémentaires, notamment les observations directes le long d'un itinéraire, le comptage sur point fixe, le comptage aux dortoirs et le comptage au niveau des colonies de reproduction, ont été utilisées.

Observations directes le long d'un itinéraire

Cette méthode proposée par Bibby *et al.* (2000) consiste à compter et à enregistrer les oiseaux observés le long d'un itinéraire d'une longueur variable selon l'étendue du site et le type d'habitat. Les observations du Héron crabier blanc ont été faites à l'œil nu si les individus observés sont proches (à une distance moins de 50 m), et à l'aide d'une paire de jumelles (10 x 50) pour les individus se trouvant plus ou moins loin (à plus de 50 m) des observateurs. Les recensements ont été conduits de deux manières en fonction de l'accessibilité, de l'étendue du site et des caractéristiques de l'habitat. Pour les plans d'eau dont les bordures ont été accessibles, les dénombrements ont été effectués à pied. Dans le cas contraire, une pirogue a été utilisée comme moyen de déplacement, notamment pour longer les bordures des grands lacs, les rivières, les fleuves et les chenaux des mangroves. Dans tous les cas, les observateurs composés de deux à trois personnes se sont déplacés lentement avec une vitesse approximative de 1 km/h en notant tous les individus vus (posés sur le sol, perchés sur un arbre ou en vol). Ils n'ont pas pris en compte les individus en vol provenant de leur dos pour éviter les doublons. Les observations ont été entreprises entre 6 h et 11 h 00 le matin et entre 14 h 00 et 17 h 00 l'après-midi.

Comptage sur point fixe

Cette méthode a été notamment appliquée pour dénombrer les oiseaux se trouvant sur une étendue

de surface ouverte inaccessible à pied et même en pirogue, comme certains marais, étangs et petits lacs, des tannes et des zones avant mangrove à marée basse. Pour ce faire, un point d'observation permettant une vue d'ensemble du site a été choisi afin de compter le maximum d'oiseaux possibles. L'observation a été faite à l'aide d'une paire de jumelles (10 x 50) et d'un télescope (20-60 x) entre 6 h 30 et 10 h 00 le matin et entre 15 h 00 et 17 h 00 l'après-midi. Ainsi, tous les individus de l'espèce cible vus à partir de ce point ont été dénombrés et enregistrés. La durée du comptage par site n'excède pas 15 mn quel que soit la situation et le type d'habitat.

Ces deux premières méthodes permettent de connaître les principaux types d'habitats exploités par l'espèce étudiée. A chaque comptage, en plus des nombres d'individus observés, l'âge de ces derniers et les coordonnées géographiques des sites d'occurrence ont été notés, suivi d'une brève description des sites.

Comptage aux dortoirs

L'application de cette méthode repose avant tout sur la recherche de tous les dortoirs fréquentés par l'espèce cible au sein des zones d'étude et leurs alentours. Pour ce faire, deux techniques ont été adoptées : (1) enquête auprès des populations locales vivant aux alentours des sites d'étude et (2) suivi de la direction d'envol des hérons depuis leur milieu d'alimentation vers leur dortoir. Chaque dortoir ainsi localisé a fait l'objet de recensement par une équipe de deux à trois personnes. Le comptage a été effectué à partir de deux à trois points d'observation permettant une vue globale de tous les axes d'arrivée des oiseaux au dortoir, en utilisant une paire de jumelles (10 x 50) et un télescope (20-60 x). Ainsi, tous les individus du Héron crabier blanc arrivant ou quittant le dortoir ont été comptés et enregistrés. Le comptage a été effectué, soit à partir du 17 h 00 jusqu'au coucher du soleil lorsque les oiseaux arrivent au dortoir, soit vers 5 h du matin avant qu'ils quittent le dortoir. Le recensement au niveau de chaque dortoir a duré deux jours successifs. L'effectif maximum obtenu durant ces jours a été retenu pour l'analyse.

Comptage au niveau des colonies de nidification

La meilleure façon de compter les oiseaux d'eau coloniaux, tels que les hérons, en période de reproduction se fait sur les colonies de nidification

(Hafner, 1977 ; Bredin, 1983 ; Sutherland, 1996). La méthode de comptage des nids actifs a été adoptée pour connaître les effectifs exacts des couples nicheurs de l'espèce étudiée. Par ailleurs, pour que l'estimation soit exhaustive, il est nécessaire avant tout de localiser toutes les colonies de nidification existant dans et aux alentours des zones d'étude. Pour ce faire, en plus des colonies de nidification déjà connues, des recherches de nouvelles colonies ont été conduites au niveau des sites potentiels de nidification. Un site potentiel pour la nidification est défini par la présence des individus en plumage nuptial pendant la saison de reproduction (Rabarisoa *et al.*, 2020). Deux méthodes complémentaires ont été adoptées pour localiser les colonies : (1) suivi de la direction d'envol des hérons faisant des allées et venues entre les milieux d'alimentation et les colonies de nidification et (2) enquête auprès des habitants de villages aux environs des sites d'étude. Pendant cette enquête, une photo en couleur du Héron crabier blanc a été montrée aux personnes locales pour s'assurer qu'elles connaissent bien cette espèce. Dans chaque colonie trouvée, tous les nids occupés (nids actifs) par l'espèce ont été identifiés et comptés. Le comptage a été réalisé tôt le matin entre 5 h 00 et 7 h 00 ou tard le soir à partir de 17 h 00, car c'est pendant ces moments que tous les individus nicheurs, étant dispersés pendant la journée en quête de nourriture, sont regroupés en rejoignant leurs nids respectifs. Afin d'avoir une meilleure observation à distance sans perturber les individus pour un bon recensement, le comptage a été effectué à partir d'un point d'observation offrant une vue globale permettant d'observer l'intérieur des nids, en utilisant une paire de jumelles (10 x 50) et un télescope (20-60 x). Dans le cas où la structure de la végétation ne permet pas l'observation directe des nids, les observateurs devraient pénétrer à l'intérieur de la colonie pour compter les nids, en prenant un maximum de précaution pour limiter la perturbation des couples nicheurs. L'identification des nids de l'espèce dans une colonie de nidification mixte peut se faire à partir de la couleur des œufs (bleue verdâtre pâle non tachetée) et les caractéristiques morphologiques des poussins qui se diffèrent des autres espèces nicheuses. A noter que dans le cadre de cette étude, un nid actif est défini comme un nid avec des œufs ou des poussins.

Etant donné que les quatre méthodes de recensements adoptées sont complémentaires, l'effectif le plus élevé obtenu à partir de l'une ou de

l'autre méthode pour chaque séance de comptage a été uniquement retenu pour l'analyse.

Les recensements ont été conduits de manière coordonnée grâce aux collaborations des différents partenaires (ONG) intervenants au niveau des zones d'étude. Des membres des COBAs (Communauté de base), des agents de terrain de chaque aire protégée et des assistants de recherche ont été impliqués afin de couvrir l'ensemble des zones d'étude. Ces acteurs ont été formés sur les techniques de comptage et d'identification de l'espèce cible avant d'intervenir sur le terrain pour que les données collectées soient fiables.

Caractérisation des habitats d'occurrence de l'espèce

Les habitats fréquentés par *Ardeola idae* ont été caractérisés en considérant les paramètres suivants : type de zones humides, paramètres physico-chimiques (température, pH, turbidité et profondeur) de l'eau et structure de la végétation. La température et le pH de l'eau sont mesurés à l'aide d'un appareil électronique multifonctionnel (HI 9812-5, Hanna Instruments), et la turbidité et la profondeur à l'aide d'un disque de Secchi.

La structure de la végétation a été analysée par le biais de la méthode des points-contacts (Herrick *et al.*, 2005). Cette méthode est la mieux adaptée pour l'étude des habitats humides caractérisés par la végétation aquatique. Elle permet d'obtenir à la fois la richesse floristique, la couverture et la hauteur de la végétation. Elle consiste à tracer une ligne de transect de 20 m de long à l'aide d'une corde marquée tous les 1 m qui représentent chacun un point de relevé. Le long de cette corde, un jalon gradué est placé perpendiculairement au sol ou à la surface de l'eau sur chaque point de relevé, et toutes les espèces de plantes touchant ce jalon ont été recensées, identifiées et enregistrées. Un individu n'est compté qu'une seule fois quel que soit le nombre de ses contacts avec le jalon. Ainsi, le nom (voir en-dessous) de l'espèce et la hauteur de chaque plante ont été enregistrés en même temps dans une fiche de relevée. Le nombre et l'emplacement des lignes de transect dans chaque habitat étudié ont été déterminées suivant l'étendu et l'homogénéité physiologique et floristique du milieu. Le nombre de lignes de transect par site varie de deux à quatre. Quatre lignes de transect ont été mises en place pour les habitats relativement étendus (comme les grands lacs), alors que deux seulement pour les habitats

peu étendus et caractérisés par une végétation homogène (comme les marais et les marécages). Pendant les relevés floristiques, le nom vernaculaire de chaque plante inventoriée a été déterminé par des guides locaux. Les noms scientifiques des espèces correspondantes ont été déterminés à partir des études bibliographiques de rapports d'inventaires botaniques effectués dans les zones d'étude. Des échantillons d'espèces non identifiées sur place ont été collectés sur le terrain sous forme d'herbiers pour leur identification à l'Herbarium du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (TAN). Le type et l'état de la forêt aux alentours ou à proximité des zones humides fréquentées par l'espèce ont été également notés durant l'analyse d'habitat.

Analyse de l'emplacement des colonies et de la sélection d'habitat de nidification

Tous les habitats de nidification (HN) d'*Ardeola idae* localisés dans les zones d'étude ont été analysés en fonction des paramètres suivants :

- L'espèce et la hauteur des plantes supportant les nids,
- La structure de la végétation (recouvrement et hauteur) dans et aux alentours de la colonie,
- La profondeur de l'eau où se situe la colonie,
- La distance de la colonie par rapport au plan d'eau,
- La distance de la colonie par rapport aux principaux milieux d'alimentation,
- La distance de la colonie par rapport à la forêt la plus proche,
- La distance de la colonie par rapport aux éléments perturbateurs d'ordre anthropiques,
- La distance de la colonie par rapport aux habitations humaines les plus proches,
- La composition spécifique de la colonie.

Les mesures des distances de l'emplacement des colonies par rapport aux différents paramètres considérés ont été effectuées à l'aide d'un décamètre (pour les distances moins de 50 m) et d'un GPS (pour les distances plus de 50 m).

Pour analyser la sélection d'habitat de nidification de l'espèce, les habitats non utilisés (habitats d'absence) par les couples nicheurs situés dans un rayon de 5 km des HN ont été également étudiés et caractérisés suivant les mêmes méthodes, en considérant les huit premiers paramètres relevés dans les HN cités ci-dessus. Afin de procéder à une meilleure analyse, les habitats d'absence ont été catégorisés en deux : habitats potentiels pour la

nidification (HPN) qui sont des héronnières n'abritant pas des couples de l'espèce, et habitats témoins choisis au hasard (HAH) qui sont des milieux sans aucune héronnière. Les caractéristiques de ces deux catégories d'habitats d'absence sont ensuite comparées à celles des HN, afin de connaître le(s)quel(les) des variables environnementales considérées déterminent le plus la présence et le choix de l'espèce étudiée pour nicher dans un site donné.

Traitement et analyse des données

Les données de recensements ont été analysées avec des méthodes de calculs numériques simples (sommes et pourcentages). Le nombre total d'individus recensés dans l'ensemble des zones d'étude et par saison a été d'abord déterminés. Puis, les pourcentages des individus par zone d'étude et par site d'occurrence ont été calculés afin de classer les sites par ordre d'importance de la taille de la population. Les données relatives à l'habitat ont été analysées en utilisant les statistiques descriptives (moyenne et écart-types, et pourcentage), les tests statistiques et l'analyse exploratoire multivariée. Les données issues de mesures sont représentées sous forme des moyennes et d'écart-types. Le pourcentage a été calculé pour déterminer la proportion de chaque type d'habitat par rapport à l'ensemble des sites d'occurrences et la répartition des effectifs de l'espèce dans chaque type d'habitat d'occurrence. Le G-test (McDonald, 2014) a été utilisé pour analyser la préférence en habitat de l'espèce en comparant la distribution des nombres d'individus dans les différents types d'habitats d'occurrence. La sélection d'habitat de nidification a été analysée à l'aide d'une Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et d'une analyse de variance multivariée (MANOVA) suivie d'un test post hoc de Scheffé, afin de mettre en évidence les caractéristiques différenciant les HN, HPN et HAH, vis-à-vis des huit variables considérées susmentionnées. Toutes les analyses statistiques ont été effectuées à l'aide des logiciels Microsoft Excel 2016 et STATISTICA version 10.0.

Résultats

Taille de la population dans l'ensemble des zones d'étude

Au total, 952 individus d'*Ardeola idae*, dont 558 adultes et 394 juvéniles ont été enregistrés dans l'ensemble des zones d'étude (Tableau 1). Le Lac

Tableau 1. Effectifs d'*Ardeola idae* recensés dans les 10 zones d'étude entre mai 2017 et avril 2019. Les effectifs présentés dans ce tableau correspondent au nombre maximal enregistré en janvier 2019.

Zones d'étude	Effectifs			Pourcentage (%)
	Adultes	Juvéniles	Total	
AP Bemanevika	22	0	22	2,3
Zones humides de Bealanana	75	37	112	11,8
Lac Sofia	204	183	387	40,7
AP Complexe Tsimembo Manambolomaty	22	14	36	3,9
AP Mandrozo	27	0	27	2,8
AP Ambondrobe	108	84	192	20,2
AP Complexe Mahavavy-Kinkony	56	29	85	8,9
Parc National Ankarafantsika	26	26	52	5,5
Parc Tsimbazaza	12	11	23	2,4
Parc Tsarasaotra	6	10	16	1,7
Total	558	394	952	100

Sofia, l'AP d'Ambondrobe et les zones humides de Bealanana sont les plus riches avec respectivement 40,7 % (n = 387), 20,2 % (n = 192) et 11,8 % (n = 112) de l'effectif total. Les nombres totaux d'individus observés dans les zones d'étude sont présentés dans le Tableau 1 et le nombre d'individus dans chaque site d'occurrence par zone d'étude et par saison sont donnés dans l'Annexe 1.

Variation saisonnière de la population

Bien que le Héron crabier blanc soit une espèce migratrice, il est observé à Madagascar tout au long de l'année, c'est-à-dire, aussi bien pendant la saison de reproduction que la saison d'hivernage (Figure 2). Durant la première année de suivi (entre mai 2017 et avril 2018), l'effectif maximal compté a été

noté au mois de février 2018 avec 781 individus. En revanche, durant la deuxième année (entre mai 2018 et avril 2019), il a été enregistré au mois de janvier 2019 avec un total de 952 individus. Ces pics sont surtout coïncidés à la période de reproduction de l'espèce. Une diminution importante de la taille de la population a été constatée au mois d'avril pour l'ensemble de deux saisons. Elle a chuté jusqu'à 127 individus en avril 2018 et 89 en avril 2019. Toutefois, la présente étude a permis d'enregistrer des hérons crabiers blancs hivernant à Madagascar avec un effectif variant de 36 à 62 pour la première année (entre juin et août 2017), et de 53 à 70 pour la deuxième année (entre juin et août 2018). Les individus hivernants n'ont été observés que dans les APs du Complexe Tsimembo Manambolomaty, de Mandrozo, d'Ambondrobe et du Complexe

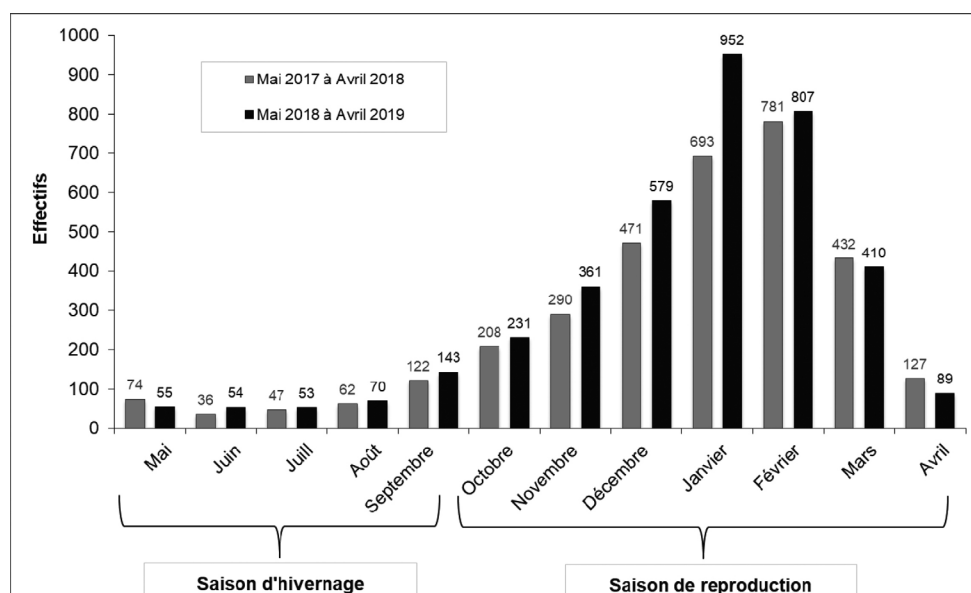


Figure 2. Variation mensuelle des effectifs de la population d'*Ardeola idae* dans l'ensemble des 10 zones d'étude durant la période entre mai 2017 et avril 2019.

Mahavavy-Kinkony (Annexe 1). Ces quatre APs figurent ainsi parmi les zones d'hivernage d'*Ardeola idae* connues à Madagascar.

Effectifs de couples nicheurs

Seize colonies de nidification de l'espèce ont été localisées dans huit zones parmi les 10 étudiées. Au total 176 et 211 couples reproducteurs ont été respectivement dénombrés durant les saisons de reproduction 2017-2018 et 2018-2019. Parmi ces colonies, celle du Lac Sofia est la plus importante, en hébergeant 51,7 % (n = 91 couples) et 48,3 % (n = 102 couples) des effectifs totaux de couples recensés respectivement en 2017-2018 et en 2018-2019 (Figure 3). C'est aussi la seule colonie monospécifique de Héron crabier blanc trouvée dans l'ensemble des zones prospectées.

Le Lac Ambondrobe abritant trois colonies de nidification (Ankapoaky, Bejijo et Namakia) constitue également un important site de reproduction. Durant la saison 2017-2018, l'effectif total des couples nicheurs dans ces trois colonies est de 34 couples, dont 15 à Ankapoaky, 11 à Bejijo et huit à Namakia. En 2018-2019, ces trois colonies ont hébergé respectivement 12,2 et six couples, donnant un effectif total de 41 couples qui nichent dans ce lac.

A noter aussi que deux parmi les 16 colonies recensées se trouvent en dehors des APs. Il s'agit des colonies d'Ambalapaka (composée de 17 couples en 2017-2018 et de 14 en 2018-2019) et de Bepilipily (avec 10 couples observés en 2018-2019) ;

les deux localités sont localisées dans le District de Bealanana. La Figure 3 présente la répartition des effectifs de couples nicheurs dans chaque colonie.

Habitats

Types d'habitat d'occurrence de l'espèce

Les individus d'*Ardeola idae* ont été répertoriés dans 71 sites dans l'ensemble des zones d'étude durant la saison de reproduction (Annexe 1). Ces sites sont caractérisés par 10 différents habitats, à savoir, lacs, marais, rizières, marécages, fleuves, rivières, mares temporaires, mangroves et vasières, tannes et forêts galeries. Parmi eux, les lacs, les rizières et les marais semblent les plus dominants avec un taux respectif de 45,1 % (n = 32 sites), 19,7 % (n = 14 sites) et 16,9 % (n = 12 sites). Les fleuves et les mares temporaires constituent chacun 4,2 % des sites d'occurrence. Les forêts galeries et les mangroves et les vasières caractérisent chacune 2,8 % des sites d'occurrence. Les marécages, les rivières et les tannes constituent également chacun 1,4 % des habitats fréquentés par l'espèce.

Les résultats d'observations ont révélé que les habitats fréquentés par l'espèce pendant la saison d'hivernage ne diffèrent pas de ceux identifiés durant la saison de reproduction. Les individus hivernants observés dans l'ensemble des quatre zones d'hivernage (Ambondrobe, Complexe Mahavavy Kinkony, Complexe Tsimembo Manambolamaty et Mandrozo) ont été rencontrés dans 31 sites caractérisés par huit types d'habitat : les lacs

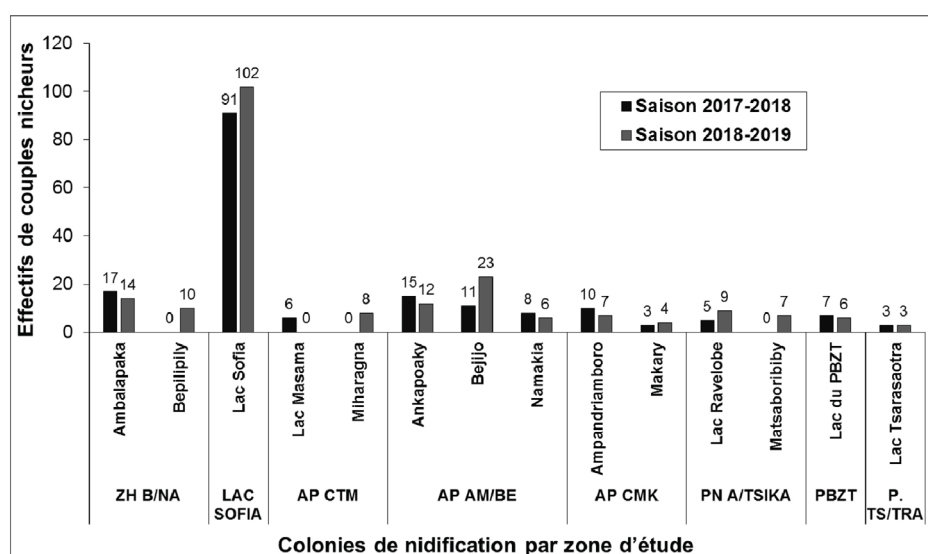


Figure 3. Répartition des effectifs de couples d'*Ardeola idae* dans les 16 colonies de nidification localisées durant les saisons de reproduction 2017-2018 et 2018-2019. ZH B/NA : Zones humides de Bealanana ; AP CMT : AP Complexe Tsimembo Manambolamaty ; AP AM/BE : AP Ambondrobe ; PN A/TSIKA : Parc National d'Ankarafantsika ; PBZT : Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza ; P.TS/TRA : Parc Tsarasaotra.

(48,4 %), les marais (12,9 %), les rizières (12,9 %), les mares temporaires (9,7 %), les forêts galeries (6,5 %), le fleuve (3,2 %), la mangrove et la vasière (3,2 %) et les tannes (3,2 %).

Les caractéristiques (propriétés physico-chimiques de l'eau et structure de la végétation) de chaque type d'habitat d'occurrence dans l'ensemble des zones d'étude sont données en Annexe 2.

Préférence en habitat

Parmi les 10 types d'habitats utilisés par l'espèce durant la saison de reproduction, les lacs sont les plus fréquentés par les individus observés (68,3 %) et les marécages sont les moins exploités (0,2 %) (Figure 4A). Les nombres d'individus sont inégalement répartis dans ces 10 types d'habitat suivant le G-test ($G_{\text{observé}} = 26,6 > G_{\text{critique}} = 15,5$; ddl = 8 ; $P = 0,003$). L'espèce semble avoir ainsi une préférence écologique pour certains types d'habitat. Les lacs et les marais constituent les habitats préférentiels de Héron crabier blanc durant la saison de reproduction.

En saison d'hivernage, la répartition des nombres d'individus observés n'est pas également homogène dans les huit types d'habitat fréquentés ($G_{\text{observé}} = 14,76 > G_{\text{critique}} = 12,59$; ddl = 6 ; $P = 0,023$). Les lacs se placent en première position à cause de la fréquentation de ce milieu par un plus grand effectif que les autres zones (Figure 4B). En effet, 47 % des individus ont été localisés dans ce type d'habitat. Les marais et les tannes ont abrités respectivement 18,7 % et 14,2 % des individus observés. Les habitats les moins fréquentés sont les mangroves et les vasières avec 1,5 % des individus observés. Aussi, *Ardeola idae* se localise préférentiellement

dans les lacs, les marais et les tannes durant la saison d'hivernage.

Emplacement des colonies de nidification

Toutes les colonies de nidification recensées sont installées dans une végétation aquatique dominée par les Cyperaceae (*Cyperus madagascariensis*, *C. papyrus*, *Cyperus* sp.) et les roseaux *Phragmites mauritianus* (Poaceae), sauf la colonie du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza qui est édifée sur les frênes *Fraxinus udhei* (Oleaceae) et les bambous *Bambusa* sp. (Poaceae). Les habitats de nidification sont généralement riches en plantes aquatiques, avec une richesse floristique variant de 16 à 40 espèces, soit en moyenne $27,3 \pm 6,0$ espèces ($n = 16$ colonies). En général, les végétations hébergeant les colonies sont denses avec un taux de recouvrement moyen de $82,5 \% \pm 10,5$ ($n = 16$ colonies), variant de 67,0 % à 98,4 %. Leur hauteur moyenne varie de 2,7 à 4,9 m. Les habitats de nidification sont gorgés d'eau d'une profondeur de 0,6 à 1,4 m, soit une moyenne de $0,9 \pm 0,2$ m ($n = 16$ colonies). Ils se trouvent généralement à proximité de plan d'eau permanente, avec une distance comprise entre 1 et 215 m. Parmi les 16 colonies, 62,5 % ($n = 10$) se situent à moins de 20 m par rapport au plan d'eau libre. La colonie la plus loin du plan d'eau, située à 215 m, à Ambalapaka dans le District de Bealanana.

L'emplacement des colonies se trouve généralement à proximité des principaux milieux d'alimentation des couples nicheurs et des forêts, avec une distance moyenne respective de $379,0 \pm 275,2$ m ($n = 16$, variant de 15 à 926 m) et $173,4 \pm$

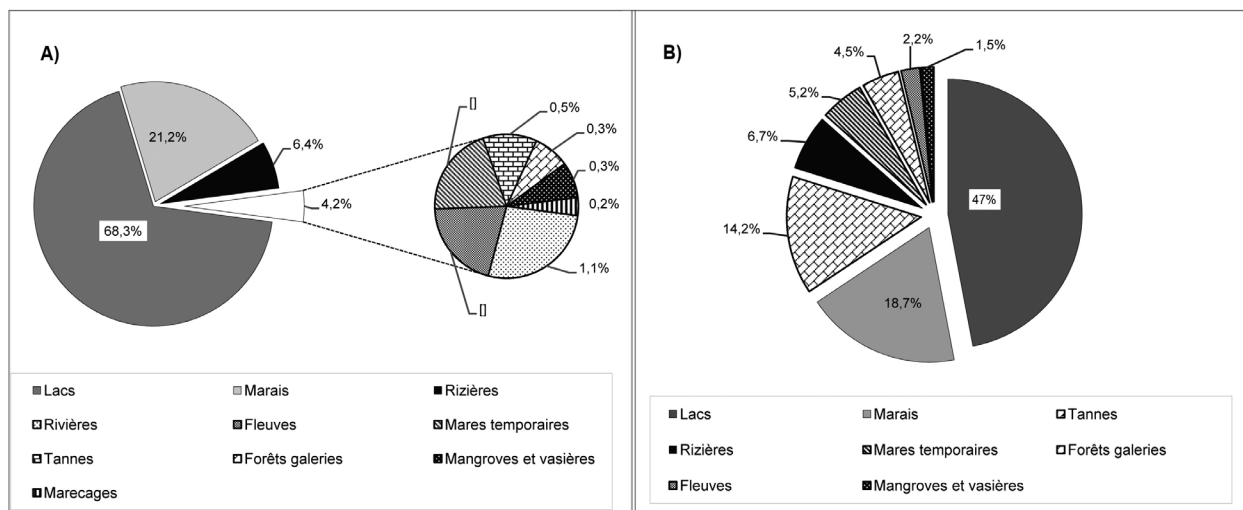


Figure 4. Pourcentages des individus d'*Ardeola idae* dans les différents types d'habitat d'occurrence : (A) durant la saison de reproduction et (B) durant la saison d'hivernage.

206,1 m ($n = 16$, variant de 5 à 684 m). La colonie se trouvant la plus proche des arbres (à une distance de 5 m) est celle du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza, alors que celle la plus éloignée des arbres (à une distance de 684 m) est localisée à Ambalapaka.

Les colonies se situent relativement loin des villages, avec une distance moyenne de $1720,9 \pm 1038,2$ m ($n = 16$), variant de 85 à 3500 m. La distance des colonies par rapport aux éléments perturbateurs d'origine anthropique (lieux de pêche, terrain agricole) varie de 85 à 1042 m, avec une moyenne de $572,3 \pm 298,6$ m ($n = 16$).

Sélection de l'habitat de nidification par les couples nicheurs

L'analyse factorielle discriminante (AFD) et la MANOVA associée réalisées sur les huit variables étudiées ont montré une différence significative entre les HN, HPN et HAH ($F_{8,16} = 4,5$; $P < 0,0001$). L'AFD a produit deux fonctions discriminantes (F1

et F2) permettant de bien discerner les trois types d'habitats analysés. La fonction F1 explique 94,2 % de la variance totale entre ces trois types d'habitats, ce qui signifie qu'elle possède à elle seule le pouvoir discriminant de l'analyse. Les variables les plus déterminantes, présentant une forte corrélation avec la fonction F1, sont le recouvrement végétal ($r = 0,95$), la hauteur de la végétation ($r = 0,81$), la profondeur de l'eau ($r = 0,92$), la distance par rapport à la perturbation humaine ($r = 0,76$) et la distance par rapport au plan d'eau permanente ($r = 0,81$) (Tableau 2, Figure 5A). La fonction F1 dissocie les HN et HAH, et place HPN à proximité de HN (Figure 5B). Les caractéristiques des HN et HAH sont ainsi différentes, alors que les HPN présentent une similarité avec les HN. En effet, les HN ont un taux de recouvrement végétal moyen significativement supérieur à celui des HAH ($69,5 \% \pm 9,7$, $n = 16$) (Scheffé, $P = 0,007$). La hauteur moyenne de la végétation de $3,5 \pm 0,8$ m dans les HPN ($n = 14$) est significativement supérieure à celle de $2,9 \pm 0,5$ m

Tableau 2. Résultats de l'Analyse Factorielle Discriminante (AFD) et de la MANOVA avec le test post hoc de Scheffé, ainsi que les moyennes et écart-types des variables mesurées dans les trois catégories d'habitats comparées. HN : habitat de nidification, HPN : habitat potentiel pour la nidification et HAH : habitat témoin choisi au hasard.

Variables	Corrélations		Catégorie d'habitats	Moyennes ± écart-types	n	Résultats du test MANOVA : Probabilités (p) pour les tests Post Hoc de Scheffé		
	Axe F1	Axe F2				HN	HPN	HAH
Recouvrement de la végétation (%)	0,95	0,01	HN	82,5 ± 10,5	16	-	0,491	0,006*
			HPN	77,7 ± 12,6	14	0,491	-	0,138
			HAH	69,5 ± 9,7	16	0,006*	0,138	-
Hauteur moyenne de la végétation (m)	0,81	0,43	HN	3,3 ± 0,6	16	-	0,592	0,181
			HPN	3,5 ± 0,7	14	0,592	-	0,024*
			HAH	2,9 ± 0,5	16	0,181	0,024*	-
Profondeur de l'eau (m)	0,92	- 0,31	HN	0,9 ± 0,2	16	-	0,799	0,000*
			HPN	0,9 ± 0,2	14	0,799	-	0,000*
			HAH	0,4 ± 0,3	16	0,000*	0,000*	-
Distance par rapport au plan d'eau (m)	-0,81	-0,13	HN	47,7 ± 71,4	16	-	0,901	0,002*
			HPN	54,6 ± 69,7	14	0,901	-	0,001*
			HAH	261,8 ± 227,8	16	0,001*	0,002*	-
Distance par rapport aux milieux d'alimentation (m)	-0,34	0,00	HN	379 ± 275,2	16	-	0,865	0,108
			HPN	464,6 ± 363,1	14	0,865	-	0,309
			HAH	711,7 ± 592,3	16	0,108	0,309	-
Distance par rapport à la forêt/arbres (m)	-0,27	0,11	HN	173,4 ± 206,3	16	-	0,661	0,196
			HPN	270,6 ± 294,4	14	0,661	-	0,685
			HAH	363,4 ± 352,4	16	0,196	0,685	-
Distance par rapport aux éléments perturbateurs d'origine humaine (m)	0,76	-0,12	HN	572,3 ± 298,6	16	-	0,284	0,001*
			HPN	424,9 ± 257,3	14	0,284	-	0,060
			HAH	200,0 ± 182,9	16	0,001*	0,060	-
Distance par rapport au village le plus proche (m)	0,09	-0,22	HN	1720,9 ± 1038,2	16	-	0,556	0,720
			HPN	1373,4 ± 790,6	14	0,556	-	0,954
			HAH	1470,4 ± 743,8	16	0,720	0,954	-

(*) indique une différence significative entre les catégories d'habitats au seuil de signification de 0,05.

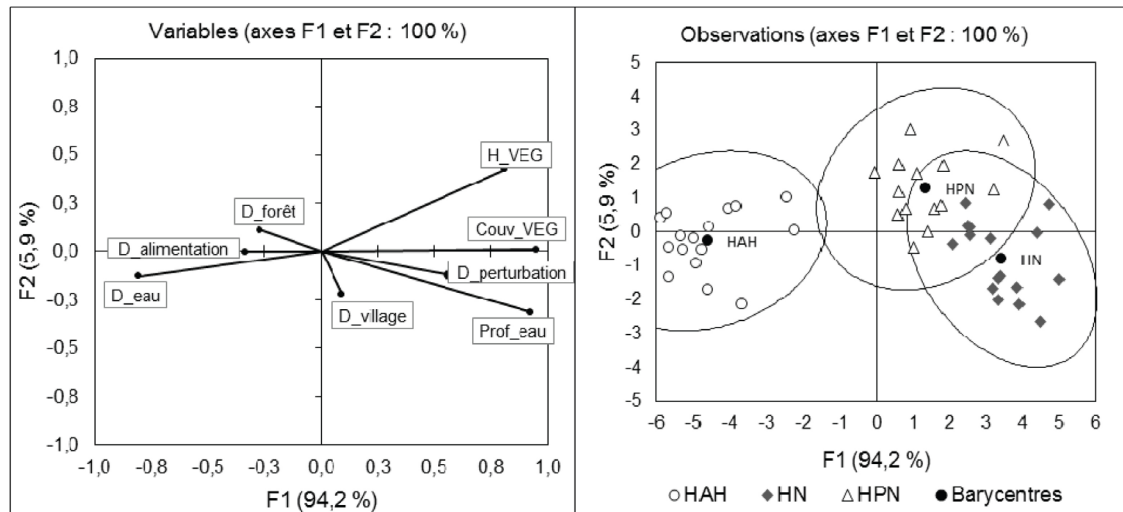


Figure 5. (A) Cercle de corrélations des huit variables étudiées et (B) plan factoriel des observations (nuage des points) des trois catégories d'habitats (HN, HPN et HAH) à l'issue de l'AFD.

dans les HAH ($n = 16$) (Scheffé, $P = 0,025$), mais elle ne diffère pas de celle des HN (Scheffé, $P = 0,59$). Les HN et HPN sont beaucoup plus inondés et se trouvent plus proche de plan d'eau permanente que les HAH (Scheffé, $P < 0,05$). Enfin, les HN se trouvent à une distance moyenne significativement plus loin de la perturbation humaine que les HAH (Scheffé, $P < 0,0001$) (Tableau 2). Les distances par rapport au milieu d'alimentation, à la forêt et au village les plus proches relativement similaires entre les trois types d'habitats.

En guise de résumé, *Ardeola idae* sélectionne préférentiellement des habitats caractérisés par une dense couverture de végétation aquatique émergente suffisamment gorgée d'eau qui se trouve à proximité des plans d'eau permanente et plus ou moins loin de la perturbation humaine.

Discussion

Taille et variation saisonnière de la population

Les résultats de recensement de la population d'*Ardeola idae* entrepris entre mai 2017 et avril 2019 ont montré un effectif total assez élevé de 952 individus (558 adultes et 394 juvéniles) dans les zones d'étude. Cet effectif correspond au nombre maximum obtenu durant la période de reproduction en janvier 2019. Etant donné que les comptages ont été effectués de manière coordonnée et simultanée, le risque de doublons dû à l'éventuel déplacement des individus entre ces différentes zones serait très faible. Même si l'effectif obtenu paraît être élevé, les comptages ne pourraient pas être exhaustifs. En effet, en dépit des efforts de recensements déployés, certains individus pourraient être présents dans

les zones de recensement, mais ont échappé aux observateurs. L'effectif maximal de 952 individus recensés n'est donc qu'une estimation minimale de la taille de population de l'espèce effectivement présente dans les zones d'étude.

Selon Dodman (2002), la dernière estimation globale de la population du Héron crabier blanc comptait entre 2000 et 6000 individus (correspondant à 1300-4000 individus matures) dans toutes ses aires de répartition dans le monde. De plus, une analyse récente effectuée par Rabarisoa *et al.* (2020) sur les données obtenues entre 1993 et 2016 dans 106 sites à Madagascar, Mayotte et île Europa, a estimé un total de 1100 individus matures de cette espèce, dont 812 individus observés à Madagascar. En comparant l'effectif des adultes enregistrés lors de cette étude (558 adultes) avec les estimations maximales de nombres d'individus matures trouvés par Dodman (2002) et Rabarisoa *et al.* (2020), il a été constaté que les 10 zones de recensement ont abrité à elles seules respectivement 14,0 % et 50,7 % des effectifs de la population estimés par ces auteurs. Cela confirme l'importance de ces zones d'étude pour la conservation de l'espèce et suppose une augmentation de la population de cette espèce. Cependant seules les études menées dans les années à venir, notamment les recensements globaux et coordonnés dans toutes les zones de distribution de l'espèce, permettront de confirmer cette hypothèse.

Les informations antérieures (ZICOMA, 1999 ; Dodman 2002 ; Ntang'ang'a & Sande, 2008 ; Rabarisoa *et al.*, 2020) ont montré que la population du Héron crabier blanc se concentre particulièrement dans les zones humides des Hautes Terres centrales

et de l'Ouest de Madagascar. Pourtant, d'autres zones de concentration de l'espèce ont été identifiées dans les zones humides du Centre nord de la Grande île, en particulier dans le District de Bealanana (112 individus), y compris le Lac Sofia (387 individus). Cette lacune en informations pourrait s'expliquer par le fait que les zones d'étude n'auraient pas été suffisamment prospectées auparavant. De plus, la population dans les zones humides des Hauts Terres centrales recensée lors de cette étude (Parc Tsarasaotra, Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza) semble diminuer par rapport aux observations antérieures (Rabarisoa *et al.*, 2020). Une étude approfondie devrait donc être menée pour comprendre les causes de cette diminution.

Au total, 211 couples nicheurs de Héron crabier blanc ont été dénombrés dans 16 colonies répartissant dans huit parmi les 10 zones d'étude. Sur ces 16 colonies localisées, celle du Lac Sofia est la plus importante en termes du nombre de couples reproducteurs (102 couples) et c'est aussi la première et la seule colonie monospécifique de cette espèce connue jusqu'à ce jour. Pourtant, Burger & Gochfeld (1990) ont avancé que l'espèce niche toujours en colonie mixte, ce qui n'a pas été le cas pour le Lac Sofia, du moins durant les deux saisons de reproduction consécutives (2017-2018 et 2018-2019) de cette étude. Cette colonie constitue aussi actuellement la plus grande colonie reproductive connue dans toutes ses aires de reproduction, aussi bien à Madagascar que sur les autres îles voisines (Mayotte, Seychelles, Europa). En effet, la dernière estimation totale de l'effectif des couples nicheurs à Mayotte comptait 132 couples dans l'ensemble des quatre colonies connues, avec la majorité des couples répertoriés dans la colonie Chirongui (45 couples) (Jeanne *et al.*, 2018). De même, un maximum de 50 couples de l'espèce a été estimé dans la colonie d'Aldabra aux Seychelles (Rocamora & Skerrett, 2001).

Dodman (2002) a montré que la taille de la colonie de *A. idae* à Madagascar est souvent inférieure à 10 couples. Certaines des colonies trouvées durant la présente étude rejoignent cette constatation, mais la majorité a compris plus de 10 couples. Cela pourrait être dû soit à l'augmentation du nombre d'individus reproducteurs dans les zones d'étude, soit à l'insuffisance du nombre de colonies auparavant découvertes dans ces zones. Notons que durant la présente étude, des nouvelles colonies de nidification de Héron crabier blanc ont pu être localisées, en particulier dans l'AP Complexe

Tsimembo Manambolomaty (colonies de Masama et de Miharagna) et dans les zones humides de Bealanana (colonies d'Ambalapaka et de Bepilipily), grâce à l'effort de prospection effectuée.

Les recensements mensuels effectués dans chacune des zones d'étude ont permis de suivre l'évolution des effectifs de la population d'*A. idae*. Des variations mensuelle et saisonnière de la population ont été notées dans chaque zone, avec des effectifs plus élevés durant la période de reproduction, notamment entre décembre et février. Les observations ont aussi permis de constater une augmentation progressive de l'effectif à partir de mois de septembre et une diminution nette vers la fin du mois de mars dans chaque zone d'étude. Cette variation semble s'expliquer par la migration de la plupart des individus vers leurs zones d'hivernage et leur retour dans leurs zones de reproduction respectives, comme l'ont déjà mentionné plusieurs auteurs (del Hoyo *et al.*, 1992 ; Langrand, 1995 ; Morris & Hawkins, 1998 ; Kushlan & Hancock, 2005 ; Ndong'ang'a & Sande, 2008 ; Sartain & Hawkins, 2013).

Les informations obtenues à partir de cette étude confirment aussi celles de Rabarisoa *et al.* (2020) et de Marcaigh *et al.* (2020) sur la présence de certains Hérons crabier blancs à Madagascar durant la période d'hivernage. Quatre parmi les zones d'étude (APs Ambondrobe, Complexe Tsimembo Manambolomaty, Complexe Mahavavy-Kinkony et Mandrozo) ont abrité des individus de cette espèce durant cette période. Cependant, seuls les individus observés aux mois de juin (36 individus en 2017 et 54 individus en 2018) et juillet (47 individus en 2017 et 53 individus en 2018) peuvent être considérés comme preuve de l'existence des individus hivernant à Madagascar. En effet, les individus recensés au mois de mai pourraient aussi inclure ceux qui ne sont pas encore migrés ailleurs, et ceux observés aux mois d'août et de septembre pourraient contenir des individus déjà arrivés dans les zones d'étude après migration. En fait, le mois de septembre est généralement considéré comme la période d'arrivée des individus migrants. L'augmentation significative des effectifs d'individus constatée dans l'ensemble des zones d'étude à partir du mois de septembre semble prouver cette information. Par ailleurs, il est difficile d'affirmer que les individus hivernant dans ces quatre zones d'hivernage susmentionnées sont déjà présents dans ces zones durant la période de reproduction, ou bien ce sont des individus provenant des autres zones de répartition de l'espèce. Des

études approfondies basées sur des programmes de suivis satellitaires et de baguage permettant de suivre les mouvements des oiseaux seront ainsi nécessaires pour mieux connaître ce phénomène migratoire.

Préférence en habitat

Cette étude a permis de connaître que le Héron crabier blanc fréquente presque tous types d'écosystèmes humides existant à Madagascar, comprenant lacs, marais, marécages, fleuves, rivières, mares temporaires, mangroves, tannes, forêts galeries et rizières. Le fait que cette espèce fréquente une large variété de zones humides a été également signalé par plusieurs observations antérieures, effectuées dans divers endroits de la Grande île (del Hoyo *et al.*, 1992 ; ZICOMA, 1999 ; Kushlan & Hancock, 2005 ; Ndang'ang'a & Sande, 2008 ; Rabarisoa *et al.*, 2020). Cependant, cette étude a bien montré que l'espèce a une préférence en habitats. En effet, les individus observés se répartissent différemment dans les 10 types d'habitats d'occurrence. Cela résulte de la variation des caractéristiques biotiques et abiotiques de chaque type d'habitat (ressources alimentaires, existence des sites de repos et de nidification) et d'autres facteurs anthropiques (perturbation). Les lacs et les marais constituent les habitats préférentiels de *Ardeola idae* dans l'ensemble des zones d'étude aussi bien pendant la saison de reproduction que durant celle d'hivernage. Cette préférence serait liée aux caractéristiques déterminant la qualité de ces habitats. En effet, les bordures des lacs à eau peu profonde peuplées par les végétations aquatiques submergentes et émergentes et les marais offrent à la fois des ressources alimentaires suffisantes pour les individus et de lieux de repos (perchoir, dortoir) et de nidification. De plus, ces habitats sont souvent caractérisés par la présence des forêts à proximité qui servent aussi des lieux d'alimentation, de repos et de refuge en cas de dérangement. Ce rôle déterminant des forêts aux alentours des zones humides fréquentées par cette espèce a été déjà signalé par del Hoyo *et al.* (1992). Ainsi, la préférence des individus vis-à-vis des lacs et marais repose sur le fait que les caractéristiques de ces habitats répondent aux besoins de l'espèce pour survivre. Cette constatation rejoint l'affirmation de Morrison *et al.* (2006) disant que les individus fréquentent de préférence un type d'habitat où ils trouvent des conditions du milieu assurant leur survie et leur pérennité. Cependant, il est important de

souligner que la préférence des individus de *A. idae* pour des lacs et marais d'eau douce ne peut pas être généralisée, car elle pourrait varier suivant les régions. Selon Jeanne *et al.* (2018), les habitats de prédilection de l'espèce à Mayotte sont constitués par les prairies humides, les mangroves et les retenues collinaires. De même, à Aldabra aux Seychelles, elle fréquente préférentiellement les mangroves et les rives de lagune (Bunbury, 2014), alors qu'en Afrique de l'Est, l'espèce se rencontre particulièrement dans les marais herbeux et le long des rives de petits ruisseaux (Ndang'ang'a & Sande, 2008).

Caractéristiques et sélection d'habitats de nidification

La présente étude a montré que parmi les 16 colonies de nidification observées dans les zones d'étude, neuf sont installées sur la végétation des roseaux *Phragmites mauritianus*, sept sur un marais à papyrus (*Cyperus madagascariensis*, *C. papyrus* et *Cyperus* sp.) et une sur des végétations à dominance des bambous *Bambusa* sp. et des frênes *Fraxinus udhei* (arbuste) ; aucune ne se trouve sur un arbre. Plusieurs auteurs ont pourtant avancé que l'espèce nidifie sur des arbres, arbustes ou buissons situés près des plans d'eau (del Hoyo *et al.*, 1992 ; Langrand, 1995 ; Kushlan & Hancock, 2005). Il semble alors que dans l'ensemble des zones d'étude, les roseaux et les papyrus poussant sur les bordures des lacs et dans les marais sont les plantes les plus utilisées par le Héron crabier blanc pour nidifier. Cependant, la végétation où une colonie s'installe peut varier d'une région à une autre. Toutes les colonies de *Ardeola idae* localisées à Mayotte sont dans les mangroves (Jeanne *et al.*, 2018) ; tel est aussi le cas pour les îles d'Aldabra (Seychelles) et d'Europa (Kushlan & Hancock, 2005).

En se basant sur la variation de la végétation supportant les colonies dans les différents sites, il est possible d'avancer que *A. idae* n'a pas une préférence particulière pour le choix des plantes de nidification, mais ce choix repose surtout sur la disponibilité et les caractéristiques de l'habitat. Fasola & Alieri (1992) ont déjà souligné que chez les Ardeidae, les caractéristiques du site de nidification de l'espèce (protection par l'eau, surface totale du site, abondance des habitats trophiques, etc.) semblent être plus importantes que la composition spécifique de la végétation pour l'établissement d'une colonie. Les résultats d'analyse de la sélection d'habitats de nidification chez *A. idae* au cours de

cette étude corroborent ceux trouvés par d'autres chercheurs travaillant sur les Ardeidae dans le monde (Hafner, 1980 ; Burger & Gochfeld, 1990 ; Beaver *et al.*, 1992 ; Naugle *et al.*, 1996 ; Perennou *et al.*, 2000 ; Chalabi Belhadj, 2008). En effet, le choix du lieu d'installation des colonies n'est pas le fait du hasard, mais il résulte d'un mode de sélection déterminé par les caractéristiques de l'habitat. Il en ressort que la sélection de l'habitat de nidification par les couples de l'espèce est particulièrement déterminée par le recouvrement végétal, la hauteur de la végétation, la profondeur de l'eau, la distance par rapport au plan d'eau et la distance par rapport à la perturbation humaine. La végétation supportant les colonies est généralement dense avec un taux de recouvrement moyen de 82,5 %. Cette végétation dense joue un rôle important, car elle offre aussi bien de supports pour la construction des nids qu'un couvert adéquat permettant de mieux protéger les œufs et les poussins contre les prédateurs aériens. Un bon couvert végétal permet aussi de réduire les stress thermiques des adultes durant l'incubation et des poussins encore vulnérables. Dans l'ensemble des zones d'étude, les hauteurs moyennes de la végétation où les 16 colonies de *A. idae* sont installées varient de 2,7 à 4,9 m. Pour les plantes aquatiques émergentes comme les roseaux et les papyrus, ces hauteurs indiquent leur maturité de laquelle dépendent la flexibilité et la fragilité des tiges (Fatimata, 2010). Les plantes matures ont donc des tiges moins flexibles et plus rigides, ce qui permettrait d'éviter la tombée des nids par terres ou leur destruction en cas d'intempéries comme les cyclones ou les vents forts. De plus, cette hauteur relativement élevée de la végétation permettrait aussi aux couples nicheurs de mieux ajuster la hauteur de l'emplacement des nids par rapport à la surface d'eau (pour éviter l'inondation des nids en cas d'augmentation du niveau d'eau) et aux strates supérieures de la végétation (pour un bon couvert des nids). Toutes les colonies sont également installées dans un habitat suffisamment gorgé d'eau d'une profondeur moyenne de 0,9 m et se trouvent généralement à proximité des plans d'eau permanents. Le choix de l'emplacement des colonies à proximité des plans d'eau repose sans doute sur la présence de l'eau pour une meilleure protection. Et comme Chalabi Belhadj (2008) l'a avancé, l'eau constitue une barrière pour les prédateurs terrestres et les dérangements causés par les riverains, protégeant ainsi l'habitat de nidification des piétons. Enfin, les résultats obtenus ont aussi montré que les

couples de *A. idae* ont préférentiellement sélectionné des habitats relativement loin des éléments perturbateurs d'origines anthropiques (villages, lieux de pêches fréquentes, terrains agricoles, etc.) pour nidifier. Cela indique que l'espèce a besoin de tranquillité durant la période de reproduction, comme toutes les autres espèces d'Ardeidae (Si Bachir *et al.*, 2000 ; Chalabi Belhadj, 2008).

Par ailleurs, le résultat de l'analyse a exclu la variable « distance de la colonie par rapport aux principaux milieux d'alimentation » parmi les variables déterminant la sélection d'habitat de nidification de héron crabier blanc. Malgré cela, la proximité des milieux d'alimentation reste toujours importante dans le choix de site de nidification chez cette espèce, comme chez d'autres membres d'Ardeidae (Hafner & Fasola, 1992 ; Si Bachir *et al.*, 2000). En effet, les 16 colonies de nidification observées durant cette étude se trouvent à proximité des principaux milieux d'alimentation des couples nicheurs, avec une distance moyenne de 379,0 m (variant de 15 à 926 m). L'exclusion de cette variable est due au fait qu'il n'y a pas de différence significative entre les habitats utilisés par l'espèce et ceux inoccupés vis-à-vis de la distance par rapport aux milieux d'alimentation. Ainsi, la proximité des milieux d'alimentation ne détermine pas à elle seule le choix du site de nidification par les couples nicheurs. Autrement dit, même s'il existe des habitats disponibles se trouvant à proximité des principaux milieux d'alimentation, les résultats basés sur l'analyse de 16 colonies de nidification ont montré que les couples ont sélectionné les habitats qui répondent les mieux à leurs critères de choix précédemment détaillés. Les caractéristiques d'habitats de nidification utilisés par les couples ne diffèrent pas significativement de celles d'habitats potentiels (colonies de nidification des Ardeidae n'abritant pas l'espèce étudiée). Ces informations indiquent que du point de vue structurel et emplacement, l'espèce pourrait bien nidifier sur ces types d'habitat. Cependant, l'absence des couples de cette espèce dans ces héronnières pourrait être due à d'autres facteurs, comme la composition spécifique des oiseaux composant la colonie (le Héron crabier blanc semble éviter de nicher avec les grands hérons et les aigrettes, comme *Nycticorax nycticorax* et *Egretta alba*), la compétition vis-à-vis de l'habitat et la capacité de charge insuffisante du milieu (le nombre élevé d'hérons installés en premier dans la colonie ne laissant pas des places disponibles pour les espèces tardives).

Conclusion

L'évaluation de la population de Héron crabier dans les zones d'étude a démontré l'importance de ces zones dans le maintien de la population de cette espèce. Chacune d'elles abrite des habitats humides fréquentés par un effectif assez important de l'espèce étudiée. La présence des sites de concentration des individus de la population dans chacune des zones d'étude et la découverte des 16 colonies de nidification avec 211 couples reproducteurs recensés permettent d'assurer la viabilité de la population de cette espèce à long terme à condition que ces sites soient bien protégés. La présence des individus sédentaires à Madagascar même en pleine période d'hiver en dehors de la saison de reproduction est également confirmée.

D'une manière générale, l'espèce présente une préférence écologique pour les lacs et les marais quel que soit la saison. En ce qui concerne la nidification, elle préfère principalement les végétations de papyrus et de roseaux. Par ailleurs, elle sélectionne comme habitats de nidification ceux caractérisés par une couverture dense de végétation aquatique émergente gorgée d'eau en permanence et qui se trouvent à proximité des plans d'eau permanents et loin d'une perturbation humaine.

La pérennisation des populations viables de Héron crabier blanc nécessite l'existence des sites de reproduction bien protégés et d'un environnement favorable à l'alimentation et aux activités de confort (repos, sommeil). Le maintien et l'amélioration des caractéristiques de ces types d'habitats constituent ainsi une démarche primordiale pour garantir l'intégrité écologique répondant aux besoins de l'espèce.

Les populations à l'intérieur et en dehors des aires protégées doivent être prises en considération ensemble pour assurer la conservation à long-terme de l'espèce. Le maintien de la variabilité et du flux génétique à travers les échanges biologiques en dépend.

Comme il s'agit d'une espèce migratrice, il est donc nécessaire de promouvoir et de soutenir la coordination des actions de conservation et la concertation entre les différentes institutions œuvrant dans la conservation de l'espèce à l'échelle nationale et internationale. En effet, il faudrait assurer la pérennisation aussi bien des sites de nidification à Madagascar que les autres sites se trouvant ailleurs, utilisés comme sites d'hivernage.

Remerciements

Nous tenons à remercier le Fonds pour l'Environnement Mondial et l'ONU-Environnement pour les appuis financiers apportés dans le cadre du Projet COKETES grâce auquel ce travail de recherche a pu être réalisé. Nos remerciements vont aussi à toutes les ONG gestionnaires des zones d'étude, en particulier The Peregrine Fund Madagascar, Durrell Wildlife Conservation Trust Madagascar, Asity Madagascar, Madagascar National Park d'Ankarafantsika, Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza et l'Association de Parc Tsarasaotra, pour leur collaboration, leurs accueils et les moyens logistiques durant les collectes des données sur terrain au sein de leurs sites respectifs. Nous voudrions également remercier toutes les personnes qui ont contribué à la collecte des données, en particuliers les agents de terrain et les assistants de recherches suivants : Randrianaivo Perlin, Ranaivoson Débon, Berthin Be (Bemanevika), Mampiandra Jules (Complexe Tsimembo Manambolomaty), Tongamoelinankily Soalihy (Mandrozo), Mozavelo Richard (Ambondrobe), Rabenosy Médé (Lac Sofia) et Jean Claude (Asity Madagascar). Nous sommes reconnaissants envers Steven Goodman et Achille Raselimanana pour leurs commentaires dans la version précédente de ce manuscrit.

Références bibliographiques

- Beaver, D. L., Osborn, R. G. & Custer, T. W. 1992.** Nest site and colony characteristics of wading birds in selected Atlantic coast colonies. *Wilson Bulletin*, 92: 200-220.
- Benson, C. W. & Penny, M. J. 1971.** The land birds of Aldabra. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B. Biological Sciences*, 260: 417-527.
- Betts, M. 2002.** A systematic list of the birds of Aldabra. *ABC Bulletin*, 9 (1): 32-42.
- Bibby, C. J., Burgess, N. D. & Hill, D. A. 2000.** *Bird census techniques*, 2nd edition. Academic Press, London.
- Bredin, D. 1983.** Contribution à l'étude écologique d'*Ardeola ibis* héron garde-bœufs de Camargue. Thèse de doctorat, Université de Paul Sabatier, Toulouse.
- Bunbury, N. 2014.** Distribution, seasonality and habitat preferences of the endangered Madagascar pond-heron *Ardeola idae* on Aldabra Atoll: 2009-2012. *Ibis*, 156: 233-235.
- Burger, J. & Gochfeld, M. 1990.** Vertical nest stratification in heronry in Madagascar. *Colonial Waterbirds*, 13: 143-146.
- Chalabi Belhadj, G. 2008.** Contribution à l'étude des exigences écologiques des Ardeidae et de l'Ibis falcinelle *Plegadis falcinellus* dans le complexe de

- zones humides d'El Kala (Algérie). Thèse de doctorat en Sciences agronomiques, Institut National Agronomique d'El Harrach, Alger.
- Delany, S. & Scott, S. 2002.** *Waterbird population estimates*, 3rd edition. Wetlands International Global Series No. 12, Wageningen.
- del Hoyo, J., Elliot, A. & Sargatal, J. 1992.** *Handbook of the birds of the World, volume 1: Ostrich to ducks*. Lynx Edicions, Barcelona.
- Dodman, T. 2002.** *Waterbird population estimates in Africa*. Unpublished report. Wetlands International, Dakar.
- Fasola, M. & Alieri, R. 1992.** Conservation of heronry Ardeidae sites in north Italian agricultural landscapes. *Biological Conservation*, 62: 219-228.
- Fatimata, N. G. 2010.** Module de formation des formateurs sur le suivi de la flore et de la végétation aquatique. Unpublished report. Wetlands International Afrique, Dakar.
- Hafner, H. 1977.** Contribution à l'étude écologique de quatre espèces d'Ardeidés (*Egretta garzetta* L., *Ardeola ralloides* Scop., *Ardeola ibis* L., *Nycticorax nycticorax* L.) pendant leur nidification. Thèse de Doctorat, Université de Paul Sabatier, Toulouse.
- Hafner, H. 1980.** Etude écologique des colonies des hérons arboricoles (*Egretta g. garzetta* L., *Ardeola ralloides* Scop., *Ardeola ibis* L., *Nycticorax nycticorax* L.) en Camargue. *Bonner Zoologische Beiträge*, 31: 249-287.
- Hafner, H. & Fasola, M. 1992.** The relationship between feeding habitat and colonially nesting Ardeidae. In *Managing Mediterranean wetlands and their birds*, eds. C. M. Finlayson, G. E. Hollis & T. J. Davis. *IWRB Special Publication*, 20: 194-201.
- Herrick, J., Van Zee, J., Havstad, K., Burkett, L. & Whitford, W. 2005.** *Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems*. The University of Arizona Press, Tucson.
- IUCN. 2020.** *Red List of Threatened Species. Version 2019-3*. www.iucnredlist.org. Consulté le 28 août 2020.
- Jeanne, F., Dautrey, E., Oussen, M. B., Crémades, C., Pusineri, C. & Lizot, P. 2018.** *Plan national d'actions en faveur du crabier blanc (Ardeola idae) sur l'île de Mayotte (2019-2023)*. Rapport non publié. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Direction de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Mayotte, Gepomay.
- Kushlan, J. A. & Hancock, J. A. 2005.** *The herons. Bird families of the world*, volume 14. Oxford University Press, Oxford.
- Langrand, O. 1995.** *Guide des oiseaux de Madagascar*. Delachaux et Niestlé, Lausanne.
- Marcaigh, F. Ó., Andriandraotomalaza, B. R., Rakotomanga, G., Ratianarivo, A. N., Baddams, J., Rasamison, S., Neaves, J., Long, P. & Martin, T. E. 2020.** The avifauna of Ankobohobo wetland, a neglected Important Bird Area in northwestern Madagascar. *Scopus*, 40: 18-28.
- McDonald, J. H. 2014.** *Handbook of biological statistics*. 3rd edition. Sparky House Publishing, Baltimore.
- Morris, P. & Hawkins, F. 1998.** *Birds of Madagascar: A photographic guide*. Pica Press, East Sussex.
- Morrison, M. L., Marcot, B. G., & Mannan, R. W. 2006.** *Wildlife-habitat relationships: Concepts and application*. Island Press, Washington, D. C.
- Naugle, D. E. Johnson, R. R., Meeks, W. A. & Higgins, K. F. 1996.** Colonization and growth of mixed-species heronry in South Dakota. *Colonial Waterbirds*, 19 (2): 199-206.
- Ndang'ang'a, P. K. & Sande, E. (eds). 2008.** *International single species action plan for the Madagascar Pond-heron (Ardeola idae)*. AEWA Technical Series, 39.
- Perennou, C., Lansdown, R. V. & Hancock, J. A. 2000.** Herons in south and west Asia. In *Heron conservation*, eds. J. A. Kushlan & H. Hafner, pp. 44-72. Academic Press, San Diego.
- Pruvot, Y. Z. M. 2020.** Population, écologie, biologie de reproduction et conservation du Héron crabier blanc *Ardeola idae* (Hartlaub, 1860) à Madagascar. Thèse de Doctorat, Université de Toliara, Madagascar.
- Pruvot, Y. Z. M., Rene de Roland, L. A., Rakotondratsima, M., Razafindrakoto, Y., Razafindrajao, F., Rabarisoa, R. & Thorstrom, R. 2020.** Breeding ecology and nestling growth of the Madagascar Pond Heron *Ardeola idae* in monospecific colony at Sofia Lake, northern Madagascar. *Ostrich*, 91 (4): 313-325.
- Rabarisoa, R., Ramanampamonjy, J., Razafindrajao, F., Rene de Roland, L. A., Jeanne, F., Bacar, O., Laubin, A. & Bignon, F. 2020.** Status assessment and population of the Madagascar Pond Heron (*Ardeola idae*) from 1993-2016. *Waterbirds*, 43: 45-54.
- Rocamora, G. 2008.** Le crabier blanc. Une espèce très menacée, nicheuse à Mayotte. Dans *Les oiseaux de Mayotte*, eds. M. P. Clément, P. de Grissac & R. Rolland, pp. 220-223. Les Naturalistes de Mayotte, Mayotte.
- Rocamora, G. & Skerrett, A. 2001.** Seychelles. In *Important bird areas in Africa and associated islands: Priority sites for conservation*, eds. L. D. C. Fishpool & M. I. Evans, pp. 751-768. Pisces Publications and BirdLife International, Newbury.
- Salvan, J. 1972.** Statut, recensement, reproduction des oiseaux dulçaquicoles aux environs de Tananarive. *L'Oiseau et la Revue Française d'Ornithologie*, 42: 35-51.
- Sartain, A. & A. F. A. Hawkins. 2013.** Madagascar Pond Heron *Ardeola idae*. In *The birds of Africa: The Malagasy region*, volume 8, eds. R. Safford & F. Hawkins. Christopher Helm, London.
- Si Bachir, A., Hafner, H., Tourenq, J.N. & Doumandji, S. 2000.** Structure de l'habitat et biologie de reproduction du Héron Garde-boeuf, *Bubulcus ibis*, dans une colonie de la vallée de la Soummam (Petite Kabylie, Algérie). *Terre et la Vie*, 55: 33-43.
- Sutherland, W. J. 1996.** *Ecological census techniques: A handbook*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- ZICOMA. 1999.** *Les zones d'importance pour la conservation des oiseaux à Madagascar*. Projet Zicoma, Antananarivo.

Annexe 1. Effectifs d'*Ardeola idae* observés dans tous les sites visités dans l'ensemble des 10 zones d'étude. NB : Pour chaque année de suivis, les effectifs présentés dans ce tableau sont les nombres maximaux des individus observés entre juin et août pour la saison d'hivernage et entre octobre et avril pour la saison de reproduction. (Φ) : site se trouvant en dehors d'une aire protégée (AP).

Zones d'étude	Sites	Type d'habitat	Coordonnées géographiques	Saison d'hivernage		Saison de reproduction	
				2017	2018	2017/2018	2018/2019
AP Bemanevika	Andriakanala	Lac	14°21'20,5" S 48°36'28,6" E	0	0	2	2
	Matsaborimena	Lac	14°19'53,7" S 48°35'33,2" E	0	0	9	15
	Matsaborimaitso	Lac	14°19'30,9" S 48°35'03,7" E	0	0	2	1
	Maramarantsalegy	Lac	14°20'44,5" S 48°35'15,4" E	0	0	3	4
	Ankevaheva	Marécage	14°13'44,1" S 48°34'09,6" E	0	0	0	0
	Marotaolana	Marécage	14°19'54,0" S 48°34'59,8" E	0	0	0	0
	Ambatomainty Φ	Rivière	14°21'06,9" S 48°34'18,3" E	0	0	0	0
	Matsaboribe Φ	Lac avec des zones marécageuses	14°24'37,2" S 48°32'08,0" E	0	0	0	0
	Total Bemanevika			0	0	16	22
ZH de Bealanana	Ambalapaka Φ	Marais de papyrus, petits lacs et rizières	14°30'19,7" S 48°43'42,0" E	0	0	61	57
	Antsirakagavo Φ (Ambalapakahely)	Lac entouré des rizières	14°29'36,0" S 48°42'06,2" E	0	0	0	0
	Ambalabongo Φ (Beandrarezona)	Marais et rizières	14°26'32,9" S 48°38'44,2" E	0	0	2	4
	Andranomifafy Φ (Beandrarezona)	Rizières avec plan d'eau	14°30'28,1" S 48°42'25,2" E	0	0	2	10
	Matsaboribe Φ (Beandrarezona)	Lac avec des zones marécageuses	14°30'6,0" S 48°41'02,0" E	0	0	0	0
	Tanimbarimena Φ (Beandrarezona)	Rivière	14°30'8,4" S 48°42'5,6" E	0	0	0	2
	Analanambe Φ	Rivière	14°10'15,1" S 48°47'05,5" E	0	0	1	1
	Analanana Φ	Marécage près d'un petit lac	14°25'39,4" S 48°54'21,2" E	0	0	1	2
	Ambondrona Φ	Rizières	14°19'14,0" S 48°53'00,5" E	0	0	1	1
	Antsalona Φ	Lac	14°28'48,7" S 48°53'52,8" E	0	0	0	2
	Bepilipily Φ	Lac avec marais de papyrus	14°25'38,6" S 48°48'52,0" E	0	0	21	28
	Mangambaiavy Φ	Lac	14°25'00,0" S 48°50'37,0" E	0	0	1	3
	Matsaborimadio Φ	Rizières	14°21'09,8" S 48°53'17,6" E	0	0	3	2
	Total Bealanana			0	0	93	112
Lac Sofia	Lac Sofia et ses alentours	Lac avec marais de Papyrus, marais herbeux et rizières	14°36'11,8" S 49°00'29,2" E	0	0	344	387

Annexe 1. (suite)

Zones d'étude	Sites	Type d'habitat	Coordonnées géographiques	Saison d'hivernage		Saison de reproduction	
				2017	2018	2017/2018	2018/2019
AP Complexe Tsimembo Manambolomaty	Soamalipo	Lac	19°01'16,8" S 44°26'7,4" E	1	1	2	2
	Ankirangato	Rizière	19°02'13,4" S 44°24'58,0" E	1	1	1	4
	Befotaka	Lac	19°02'28,6" S 44°24'0,2" E	0	0	1	1
	Ankerika	Lac	19°02'29,3" S 44°27'1,3" E	0	0	1	1
	Betangiriky	Lac	19°03'33,1" S 44°23'47,5" E	3	8	7	2
	Miharagna	Rivière	18°49'29,1" S 44°29'50,0" E	0	0	2	9
	Masama	Lac et rizières	18°51'14,9" S 44°28'01,0" E	0	0	34	3
	Antsamaka	Lac	19°02'38,0" S 44°21'36,2" E	0	1	1	1
	Andranolava	Lac	19°00'33,1" S 44°20'30,6" E	0	1	1	1
	Benjavilo	Mangrove	18°57'46,8" S 44°14'03,0" E	0	0	0	0
	Soatana-Bejia ϕ	Rizière	19°04'39,3" S 44°29'20,0" E	1	0	3	3
	Betaolankena ϕ	Marais herbeux	19°03'59,0" S 44°28'43,0" E	4	2	2	4
	Ambato ϕ	Lac	18°51'11,0" S 44°25'02,0" E	1	1	1	2
	Bemamba ϕ	Rizière	18°50'54,1" S 44°21'33,2" E	0	0	0	0
	Ankilifolo ϕ (Bemamba)	Lac	18°52'1,4" S 44°21'48,6" E	0	0	0	0
	Andobotsihafa ϕ	Rivière	18°51'4,2" S 44°21'16,0" E	0	0	0	0
	Ambahimirazo ϕ (Manambolomaty)	Forêt galerie à fleuve saumâtre	19°00'08,3" S 44°18'47,3" E	2	2	1	2
	Antsohale ϕ	Lac et rizières	19°07'08,4" S 44°34'18,3" E	0	0	1	1
Total Complexe Tsimembo Manambolomaty				13	17	58	36
AP Mandrozo	Mandrozo	Lac	17°32'24,9" S 44°05'44,6" E	3	5	7	13
	Ampiliravao	Mare temporaire	17°33'18,3" S 44°03'34,4" E	1	1	2	1
	Andranovaobe	Lac	17°36'02,6" S 44°03'47,7" E	0	0	0	0
	Ambatofotsy	Lac	17°35'06,6" S 44°04'57,4" E	1	1	2	6
	Maherere	Rivière	17°34'46,8" S 44°07'39,7" E	0	0	0	0
	Marovava ϕ	Lac	17°37'54,0" S 44°03'51,2" E	1	1	1	3
	Bepilipily ϕ	Lac	17°35'40,0" S 44°05'35,6" E	0	0	0	0
	Bemokotra Anasy ϕ	Rizière	17°31'16,5" S 44°02'29,0" E	0	0	0	0
	Namokona-Betangiriky ϕ	Chenal d'eau et rizières	17°27'01,0" S 44°05'56,0" E	1	0	1	2
	Tambohorano ϕ	Mangrove	17°29'20,0" S 43°56'54,0" E	0	0	2	2
Total Mandrozo				7	8	15	27

Annexe 1. (suite)

Zones d'étude	Sites	Type d'habitat	Coordonnées géographiques	Saison d'hivernage		Saison de reproduction	
				2017	2018	2017/2018	2018/2019
AP Ambondrobe	Ambondrobe	Lac	19°11'32,2" S 44°32'18,2" E	3	4	113	148
	Antarehitsy	Rizière	19°11'07,8" S 44°32'54,1" E	2	3	5	9
	Ampialiapotaka	Marais	19°10'54,6" S 44°33'22,8" E	1	2	4	6
	Ambakivaky	Rizière	19°10'50,3" S 44°32'57,7" E	0	0	0	0
	Mangamanintsy	Marais herbeux	19°11'32,5" S 44°32'31,3" E	2	1	9	17
	Andoharano	Rizière	19°13'47,3" S 44°31'50,9" E	0	0	2	3
	Ankilivolo	Lac	19°11'46,4" S 44°34'19,5" E	1	2	1	1
	Mahajilo	Forêt galerie à chenal d'eau	19°11'21,2" S 44°33'46,0" E	2	1	1	2
	Andranovorindraikipy	Mare boueuse et rizière	19°11'34,6" S 44°34'01,2" E	0	0	1	2
	Manambolo †	Fleuve	19°11'17,4" S 44°27'01,8" E	0	0	1	4
Total Ambondrobe				11	13	137	192
AP Complexe Mahavavy-Kinkony	Fleuve Mahavavy	Fleuve	15°57'46,2" S 45°54'53,5" E	1	2	5	3
	Lac Kinkony	Lac	16°07'56,5" S 45°49'58,6" E	0	7	8	11
	Makary	Lac et marais	16°14'47,4" S 45°53'56,0" E	1	2	15	13
	Ampandriamboro	Marais	15°57'27,5" S 45°50'50,5" E	0	0	9	34
	Matsaborifaly	Lac	16°15'03,5" S 46°04'12,7" E	3	3	1	2
	Ampompoaka-Maliolio	Lac et marais	16°04'35,3" S 45°53'50,5" E	1	1	2	3
	Ambavanantsatra	Mangrove et vasière	15°47'28,0" S 45°46'32,1" E	1	1	1	1
	Ambolodia	Tanne et marais	15°53'15,6" S 45°45'43,4" E	11	8	4	5
	Tsiambarakely	Lac	16°06'11,2" S 46°03'42,5" E	3	3	1	2
	Matsaborimirafy-Marovontaka	Marais	16°03'08,5" S 45°48'26,5" E	9	4	3	5
	Sonenga	Lac	15°52'00,8" S 45°59'41,5" E	1	1	2	2
	Ambararatabe	Rizière, petit lac et marais	16°11'00,0" S 45°59'30,0" E	0	0	1	2
	Tsimahabelakana	Mangrove et vasière	16°02'49,0" S 45°37'12,6" E	0	0	0	0
	Andrangomaty	Mangrove	15°55'11,4" S 45°37'12,0" E	0	0	0	0
	Antsohery	Fleuve	15°51'34,4" S 45°46'58,2" E	0	0	1	1
	Antseza	Marais	16°13'24,6" S 45°52'48,5" E	0	0	1	1
	Total Complexe Mahavavy Kinkony			31	32	54	85

Annexe 1. (suite)

Zones d'étude	Sites	Type d'habitat	Coordonnées géographiques	Saison d'hivernage		Saison de reproduction	
				2017	2018	2017/2018	2018/2019
PN Ankarafantsika	Ravelobe	Lac	16°18'45,1" S 46°49'04,6" E	0	0	23	17
	Andranofasika	Rizière	16°20'04,6" S 46°50'22,3" E	0	0	0	2
	Ambodimanga	Rizière	16°19'29,0" S 46°49'55,5" E	0	0	2	1
	Komandria	Lac	16°20'49,0" S 46°36'24,3" E	0	0	3	2
	Doanibe	Lac	16°20'32,0" S 46°44'20,0" E	0	0	1	2
	Matsaboribiby	Lac	16°13'36,5" S 46°12'25,0" E	0	0	4	28
	Tsimaloto	Lac	16°13'24,1" S 47°08'14,8" E	0	0	0	0
	Ampobolava	Marécage raphière	16°18'04,5" S 46°49'11,6" E	0	0	0	0
	Total Ankarafantsika			0	0	33	52
Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza	Lac héronnière	Lac	18°55'52,2" S 47°31'35,4" E	0	0	24	23
Parc Tsarasaotra	Lac Tsarasaotra	Lac	18°55'0,01" S 47°31'0,01" E	0	0	14	16
Effectifs totaux				62	70	788	952

Annexe 2. Caractéristiques des habitats d'occurrences d'*Ardeola idae* dans les différents sites prospectés. AP : Aire protégée, ZH : zones humides ; AP CMT : AP Complexe Tsimembo Manambolomaty ; PBZT : Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza ; PN : Parc National.

Zones d'étude	Nom du site	Type d'habitat	Paramètres physico-chimiques de l'habitat					Végétation aquatique				
			Profondeur maximale de l'eau (m)	Profondeur d'eau à la berge (m)	Température eau (°C)	pH eau	Turbidité eau (secchi) (m)	Richesse floristique	Recouvrement global (%)	Hauteurs (m)	Hauteur moyenne (m)	Espèces dominantes
AP Bemanevika	Matsaborimena	Lac	2,8	0,6	21	5,5	1,1	24	78,5	1,3 - 3,5	2,9	Cyperus madagascariensis
AP Bemanevika	Matsaborimaitso	Lac	11,6	1	20	5	3,4	17	32,4	0,6 - 2,9	1,7	Rhynchospora sp.
AP Bemanevika	Maramarantsalegy	Lac	75,6	0,8	22	5	5,2	21	45,8	0,5 - 1,3	0,8	Thelypteris palustris
AP Bemanevika	Andriakanala	Lac	83,3	1,1	20	4,5	6,5	26	37,6	0,4 - 3,8	2,7	Rhynchospora sp.
ZH Bealanana	Antsalona	Lac	2,8	0,5	23	6,7	0,6	20	86,3	0,5 - 4,5	2,8	Phragmites mauritianus
ZH Bealanana	Mangambaivy	Lac	3,1	0,4	24	6	0,6	24	91,5	0,4 - 4,5	2,3	Cyperus madagascariensis
Lac Sofia	Lac Sofia	Lac	3,9	0,5	23,5	6,5	0,8	33	98,4	0,4 - 5	3,1	Cyperus madagascariensis
AP CTM	Soamalipo	Lac	3,1	0,4	28	6	0,6	18	89,8	0,4 - 5,2	2,8	Phragmites mauritianus
AP CTM	Befotaka	Lac	3	0,4	27,2	6,8	0,7	24	75,2	0,3 - 4,8	2,5	Phragmites mauritianus
AP CTM	Ankerika	Lac	3,5	0,6	29,4	6	0,4	27	53,6	0,3 - 4,5	2,5	Typha angustifolia
AP CTM	Betangiriky	Lac	2,1	0,5	29	7	1	21	10,2	0,2 - 3,9	2,1	Phragmites mauritianus
AP CTM	Antsamaka	Lac	1,6	0,3	28,5	7	0,7	14	14,7	0,3 - 3,5	1,9	Typha angustifolia
AP CTM	Andranolava	Lac	1,3	0,3	30	6	0,3	11	8,8	0,3 - 3,7	2	Cyperus sp.
AP CTM	Ambato	Lac	1,7	0,5	26	7,5	0,4	18	28,2	0,5 - 4,9	2,6	Phragmites mauritianus
AP CTM	Antsohale	Lac	1	0,3	28	6	0,2	23	22	0,2 - 4,5	2,3	Phragmites mauritianus
AP CTM	Masama	Lac	0,8	0,2	32	6	0,3	16	81,4	0,2 - 5	3,2	Phragmites mauritianus
AP Mandrozo	Mandrozo	Lac	3,2	0,6	31	7,3	0,2	22	93,4	0,4 - 4,8	2,7	Phragmites mauritianus
AP Mandrozo	Ambatofotsy	Lac	1,6	0,5	28	8,7	0,2	13	79,9	0,3 - 2,8	1,7	Typha angustifolia
AP Mandrozo	Marovava	Lac	2,7	0,5	27,6	7,6	0,3	9	16,2	0,4 - 3,5	1,8	Phragmites mauritianus
AP Ambondrobe	Ambondrobe	Lac	4	0,6	25	6,5	1,1	21	91,7	0,4 - 4,5	2,4	Phragmites mauritianus
AP Ambondrobe	Ankiliolo	Lac	2,8	0,3	26	6,5	0,8	10	45,9	0,2 - 3,8	2	Phragmites mauritianus

Annexe 2. (suite)

Zones d'étude	Nom du site	Type d'habitat	Paramètres physico-chimiques de l'habitat					Végétation aquatique				
			Profondeur maximale de l'eau (m)	Profondeur d'eau à la berge (m)	Température eau (°C)	pH eau	Turbidité eau (secchi) (m)	Richesse floristique	Recouvrement global (%)	Hauteurs (m)	Hauteur moyenne (m)	Espèces dominantes
AP CMK	Kinkony	Lac	4,5	0,5	25,5	8	0,5	35	76,2	0,5 - 5	3,2	Phragmites mauritanus
AP CMK	Matsaborifaly	Lac	2,9	0,4	26	7,5	0,3	23	36,2	0,3 - 4,6	2,3	Phragmites mauritanus
AP CMK	Maliolo	Lac	3,4	0,4	28,2	8,2	0,7	28	87,4	0,2 - 4	2,1	Typha angustifolia
AP CMK	Tsiambarakely	Lac	3,1	0,5	26,5	7,5	0,5	25	64,5	0,4 - 4,5	2,6	Phragmites mauritanus
AP CMK	Sonenga	Lac	2,7	0,3	27	8	0,4	17	31,3	0,2 - 3,7	2	Phragmites mauritanus
PN Ankarafantsika	Ravelobe	Lac	8,1	0,6	26,3	6,8	1,2	29	78,7	0,4 - 4,6	2,4	Phragmites mauritanus
PN Ankarafantsika	Komandria	Lac	4,2	0,6	24,8	6,5	0,8	20	65,3	0,5 - 4	2,2	Phragmites mauritanus
PN Ankarafantsika	Doanibe	Lac	3,8	0,6	26	6,5	0,6	22	59,5	0,4 - 4,5	2,4	Phragmites mauritanus
PN Ankarafantsika	Matsaboribiby	Lac	5,6	0,4	25,4	6	0,7	17	71,8	0,3 - 4,8	2,5	Phragmites mauritanus
PBZT	Lac héronnière	Lac	2,8	0,4	24	6	0,2	8	8,5	0,6 - 8,2	4,3	Bambusa sp.
Parc Tsarasaotra	Lac Tsarasaotra	Lac	2,5	0,3	24,5	6	0,3	15	67,9	0,4 - 4,8	2,6	Cyperus madagascariensis et Typha angustifolia
ZH Bealanana	Ambalapaka	Marais	0,7	0,2	22,3	6,8	**	32	88,1	0,3 - 4,8	2,8	Cyperus madagascariensis
ZH Bealanana	Ambalabongo	Marais	0,5	0,2	24,5	6,5	**	23	65,2	0,2 - 3,5	1,8	Panicum hymeniochylum
ZH Bealanana	Bepilipy	Marais	1,5	0,2	23,1	6	**	28	93,6	0,4 - 5	3,4	Cyperus madagascariensis
Lac Sofia	Station 1	Marais	0,6	0,1	22,8	6,5	**	22	59,8	0,2 - 3,8	2	Cyperus madagascariensis
Lac Sofia	Station 3	Marais	0,6	0,3	23	6,5	**	27	74,5	0,4 - 3,5	1,2	Thelypteris palustris
AP CTM	Betaolankena	Marais	1,2	0,3	26,5	6,8	**	13	81,2	0,2 - 3	0,9	Phragmites mauritanus
AP Ambondrobe	Mangamanintsy	Marais	0,8	0,3	25,3	7,1	**	10	50,8	0,5 - 3,7	1,6	Typha angustifolia
AP CMK	Makary	Marais	1,6	0,5	25,8	7,6	**	24	89,2	0,3 - 4	2,2	Phragmites mauritanus

Annexe 2. (suite)

Zones d'étude	Nom du site	Type d'habitat	Paramètres physico-chimiques de l'habitat					Végétation aquatique				
			Profondeur maximale de l'eau (m)	Profondeur d'eau à la berge (m)	Température eau (°C)	pH eau	Turbidité eau (secchi) (m)	Richesse floristique	Recouvrement global (%)	Hauteurs (m)	Hauteur moyenne (m)	Espèces dominantes
AP CMK	Ampandriamboro	Marais	0,8	0,2	26,4	6,8	**	20	67	0,5 - 4	2,3	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP CMK	Matsaborimirafy-Marovotaka	Marais	0,6	0,2	25,6	7,5	**	15	46,8	0,3 - 3,8	1,3	<i>Typha angustifolia</i>
AP CMK	Ambararatabe	Marais	1,1	0,4	26	8,1	**	18	22,4	0,5 - 4,7	2,6	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP CMK	Antseza	Marais	0,8	0,2	25,7	7,9	**	27	53,2	0,1 - 3,5	1,7	<i>Phragmites mauritanus</i>
ZH Bealanana	Analanana	Marécage	0,7	0,4	22,4	6,5	**	21	64,7	0,3 - 4,3	2,5	<i>Cyperus madagascariensis</i>
AP Mandrozo	Ampiliravao	Mare temporaire	0,5	0,1	27,5	6	0,4	19	19,4	0,1 - 3	0,8	<i>Eleocharis plantaginea</i>
AP Ambondrobe	Ampialiapotaka	Mare temporaire	1,4	0,4	25,8	6	0,4	26	30,3	0,4 - 4,2	1,6	<i>Typha angustifolia</i>
AP Ambondrobe	Andranovorindraikipy	Mare temporaire	0,7	0,2	26,1	6,5	0,5	19	16,8	0,3 - 2,8	1,2	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP Ambondrobe	Manambolo	Fleuve	3	0,2	25,7	7,0	1,4	12	24,6	0,5 - 4	2,3	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP CMK	Fleuve Mahavavy	Fleuve	3,2	0,5	24,9	7,8	1,5	10	37,4	0,4 - 4,5	2,8	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP CMK	Antsohery	Fleuve	2,5	0,3	25,4	7,5	1,2	14	49,2	0,5 - 4	1,9	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP CMT	Miharagna	Rivière	1,9	0,5	27,9	7	1	21	70,4	0,3 - 4,8	3,1	<i>Phragmites mauritanus</i>
AP CMT	Ambahimirazo (Manambolomaty)	Forêt galerie	2,8	0,4	28,3	8	0,4	17	12,9	0,1 - 3,5	2	<i>Scirpus</i> sp.
AP Ambondrobe	Mahajilo	Forêt galerie	2,0	0,3	26,8	6,5	0,4	12	1,2	0,3 - 0,9	0,4	<i>Eleocharis plantaginea</i>
AP Mandrozo	Tambohorano	Mangrove et vasière	1,6	0,1	28,5	8,3	0,3	3	68,2	0,6 - 6,8	4,1	<i>Rhizophora</i> sp.
AP CMK	Ambavanantsatra	Mangrove et vasière	1,6	0,3	26,7	8,1	0,4	4	72,5	0,4 - 6,3	3,9	<i>Rhizophora</i> sp.
AP CMK	Ambolodia	Tanne	0,5	0,2	25,8	8	**	15	38,2	0,2 - 1	0,4	<i>Panicum hymeniochylum</i>
ZH Bealanana	Analanambe	Rizière	0,3	0,3	24,2	6,8	**	22	62,1	0,2 - 0,9	0,5	<i>Onyza sativa</i>

Annexe 2. (suite)

Zones d'étude	Nom du site	Type d'habitat	Paramètres physico-chimiques de l'habitat					Végétation aquatique				
			Profondeur maximale de l'eau (m)	Profondeur d'eau à la berge (m)	Température eau (°C)	pH eau	Turbidité eau (secchi) (m)	Richesse floristique	Recouvrement global (%)	Hauteurs (m)	Hauteur moyenne (m)	Espèces dominantes
ZH Bealanana	Andranomifaty (Beandrazazona)	Rizière	0,4	0,4	22,5	6,5	**	18	54,1	0,2 - 0,5	0,4	Oryza sativa
ZH Bealanana	Antanambao/ Ambondrona	Rizière	0,3	0,3	23	6,7	**	13	45,4	0,4 - 0,7	0,5	Oryza sativa
ZH Bealanana	Tanimbarimena (Beandrazazona)	Rizière	0,4	0,4	22,7	6	**	15	71,5	0,3 - 1,1	0,6	Oryza sativa
ZH Bealanana	Matsaborimadio	Rizière	0,4	0,4	23,2	6,5	**	11	59,3	0,4 - 1	0,6	Oryza sativa
Lac Sofia	Station 2	Rizière	0,4	0,4	22,9	7,1	**	19	43,6	0,2 - 0,6	0,4	Oryza sativa
Lac Sofia	Station 4	Rizière	0,5	0,5	23,2	6,8	**	15	38,8	0,3 - 0,7	0,4	Oryza sativa
AP CTM	Ankirangato	Rizière	0,3	0,3	26,5	6,5	**	7	60,3	0,2 - 1,5	0,6	Oryza sativa
AP CTM	Soatana-Bejia	Rizière	0,4	0,4	26,1	6,1	**	5	26,2	0,2 - 1,3	0,4	Oryza sativa
AP Mandrozo	Namokona-Belangiriky	Rizière	0,3	0,3	28,4	6,5	**	10	50,4	0,2 - 1	0,4	Oryza sativa
AP Ambondrobe	Antarehitsy	Rizière	0,5	0,5	26	6	**	8	78,7	0,2 - 0,6	0,3	Oryza sativa
AP Ambondrobe	Androharano	Rizière	0,4	0,4	25,5	6,7	**	21	15,8	0,3 - 0,8	0,5	Oryza sativa
PN Ankarafantsika	Andranofasika	Rizière	0,3	0,3	26,2	6,5	**	12	33,2	0,2 - 0,8	0,4	Oryza sativa
PN Ankarafantsika	Ambodimanga	Rizière	0,4	0,4	24,5	6,8	**	16	11,2	0,4 - 1	0,6	Oryza sativa