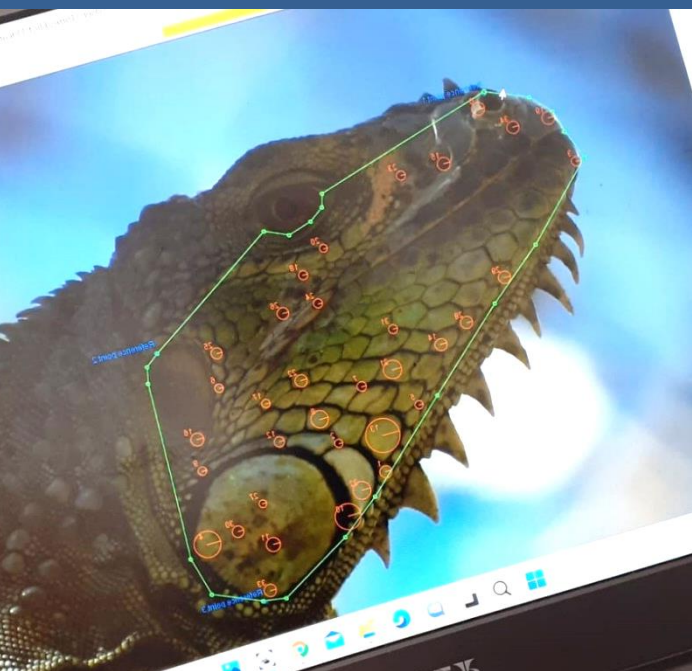


Développement de l'outil de photo-identification sur les Iguanes Rayés pour l'amélioration des méthodologies opérationnelles de régulation des populations en Martinique



Duporge N., Valin C., Feunteun A., Ortolé C., Safi M., de Montgolfier B.,

Décembre 2022



Développement de l'outil de photo-identification sur les Iguanes Rayés pour l'amélioration des méthodologies opérationnelles de régulation des populations en Martinique

Décembre 2022

Mots clés : Espèce Exotique Envahissante, , *Iguana iguana*, Plan de Lutte, régulation, photo-identification, capture-marquage-recapture, suivi de population

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Duporge N., Valin C., Feunteun A., Ortolé C., Safi M., de Montgolfier B.- 2022 – Développement de l'outil de photo-identification sur les Iguanes Rayés pour l'amélioration des méthodologies opérationnelles de régulation des populations en Martinique – Etude DEAL – France Relance, Décembre 2022, 43 pages.

Table des matières

| | |
|---|-----------|
| 1. Contexte du projet | 4 |
| 2. Matériel et Méthodes | 5 |
| 1. Principe Général | 5 |
| 2. Protocole Suivi CMR et collecte lutte 2022 | 5 |
| 3. Base de données, Analyse spatiale et statistique | 8 |
| 4. Marquage par Photo-identification | 10 |
| 3. Résultats | 12 |
| 1. Effort d'échantillonnage | 12 |
| 2. Résultats de CMR Photo-identification | 16 |
| 3. Caractérisation des observations | 20 |
| 4. Analyse et Recommandations | 33 |
| 1. Mise en œuvre des protocoles | 33 |
| 2. Analyse des résultats | 34 |
| CMR par photo-identification | 34 |
| Dynamique des populations | 35 |
| Observations et utilisation de l'espace | 36 |
| 3. Recommandations envisageables en vue de l'amélioration des méthodes de lutte | 37 |
| 5. Bibliographie | 39 |
| 6. Annexes | 40 |

Liste des Figures :

| | |
|--|----|
| Figure 1 - Carte de situation des 3 sites suivis lors de l'étude | 6 |
| Figure 2 – Transect mis en œuvre pour le site de Texaco..... | 7 |
| Figure 3 - Transect mis en œuvre pour le site de La Savane | 7 |
| Figure 4 - Transect mis en œuvre pour le site de la Poste | 7 |
| Figure 5 - Emplacements des points de références (bleus) et de la zone d'étude (vert) appliqués à l'espèce <i>Iguana iguana</i> pour photo-identification par I3S..... | 11 |
| Figure 6 - Géolocalisation des transects et observations pour La Poste en Suivi Initial et Post-lutte... | 13 |
| Figure 7 - Géolocalisation des transects et observations pour La Savane en Suivi Initial et Post-lutte | 14 |
| Figure 8 - Géolocalisation des transects et observations pour Texaco en Suivi Initial et Post-lutte | 15 |
| Figure 9 - Exemple de recapture effective sous I3S..... | 16 |
| Figure 10 - Résultats de CMR par photo-identification pour les suivis Initial (a.) et Post-lutte (b.) | 18 |
| Figure 11 - Résultats de CMR photo-identification par classe d'âge pour les suivis Initial (a.) et Post-lutte (b.)..... | 19 |
| Figure 12 - Répartition géoréférencée des observations faites pour chaque jour du suivi Initial (a.) et Post-Lutte (b.) sur le site de La Poste | 22 |
| Figure 13 - Répartition géoréférencée des observations faites pour chaque jour du suivi Initial (a.) et Post-Lutte (b.) sur le site de La Savane | 24 |
| Figure 14 - Répartition géoréférencée des observations faites pour chaque jour du suivi Initial (a.) et Post-Lutte (b.) sur le site de Texaco..... | 26 |
| Figure 15 - Répartition des observations réalisées par tranches horaire - Suivi Initial..... | 27 |
| Figure 16 - Répartition des observations réalisée par tranches horaire - Suivi Post-lutte..... | 28 |
| Figure 17 - Tranches d'âge des individus observés par site : Suivi Initial (a.) et Post-lutte (b.)..... | 29 |
| Figure 18 - Répartition horaire des hauteurs des individus observés pour le Suivi Initial | 30 |
| Figure 19 - Répartition horaire des hauteurs des individus observés pour le Suivi Post-lutte..... | 31 |
| Figure 20 - Répartition des substrats pour les observations – Suivi Initial (a.) et Post lutte (b.)..... | 32 |

Liste des tableaux :

| | |
|---|----|
| Tableau 1 - Nature des données relevées pour chaque observation..... | 8 |
| Tableau 2 - Caractérisation de l'effort d'échantillonnage réalisé sur les trois sites suivis | 12 |
| Tableau 3 - Photographies effectuées et exploitées lors des suivis..... | 12 |
| Tableau 4 - Nombre d'individus observés, marqués et recapturés aux cours des suivis..... | 17 |
| Tableau 5 - Modèles, tailles de populations estimées et impact de la lutte 2022 pour les 3 sites suivis | 35 |



1. Contexte du projet

L'Iguane commun est un reptile originaire du continent américain, introduit par différentes voies sur les îles des Caraïbes. Sa première apparition en Martinique aurait eu lieu en 1965 au Fort Saint Louis par le Père Pinchon, naturaliste du 20^e siècle (Legouez *et al.*, 2009). Depuis, d'autres voies ont participé à sa propagation sur l'île, comme d'éventuels lâchés par des particuliers, les radeaux de débris suite aux événements climatiques ou encore les conteneurs en provenance d'Amérique du Sud....

Cette espèce est aujourd'hui caractérisée par le Plan National d'Action en vigueur comme la menace principale à la conservation à long terme de l'Iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*; Angin, 2017). Sa vitesse de propagation sur le territoire de la Martinique augmentant et à cause de son hybridation avec l'Iguane des Petites Antilles, les Iguanes communs sont désormais classés comme Espèce Exotique Envahissante au titre de l'arrêté ministériel du 07 Juillet 2020.

Dès 2013, différents moyens de régulation ont été mis en œuvre avec un premier arrêté d'autorisation de capture et destruction pour diverses structures reconnues pertinentes pour cette tâche (arrêté 2013189-0013 du 06 juillet 2013) afin de lutter contre l'expansion de l'espèce et contre la menace écologique, sanitaire et économique qu'elle représente. Par la suite, l'adoption du Plan de Lutte contre l'Iguane Commun (Angin, 2018) a permis un élargissement du nombre potentiel de personnes dûment formées et autorisées à capturer et à détruire les Iguanes par le décret R02-2019-08-22-001 du 22 août 2019.

À ce jour, indépendamment des lignées génétiques potentiellement différentes sur le territoire Martiniquais (*Iguana iguana*, *Iguana rhinolopha*, *Iguana iguana x rhinolopha*, etc.), le besoin de connaissance sur les Iguanes commun est indéniable. L'amélioration de certains champs de connaissances permettrait notamment d'augmenter l'efficacité des pratiques réglementaires et d'améliorer l'efficacité des moyens, actuels ou à venir, engagés contre cette espèce en Martinique et ailleurs. Ces besoins ont été exprimés par l'ensemble des acteurs de la conservation des Iguanes des Petites Antilles lors d'un atelier animé par la DEAL Martinique en Mai 2021. Lauréat de l'Appel à Projet France Relance pour la connaissance sur l'Iguane commun, cette étude a pour objectif, de déployer des outils de surveillance innovants pour un suivi complet et efficace de populations sur des sites identifiés. Les résultats attendus permettront de répondre aux interrogations concernant les densités des populations et la démographie des Iguanes rayés en Martinique.



2. Matériel et Méthodes

1. Principe Général

La méthode d'étude envisagée ici est un suivi CMR (Capture / Marquage / Recapture) par photo-identification, associé à des observations terrain, pour acquérir des connaissances afin d'estimer le nombre d'individus d'une population, de la suivre dans le temps, et de mettre en évidence la géolocalisation des individus et des groupes suivis. Le relâcher de l'espèce cible concernée étant interdit au titre des arrêtés en vigueur (AM du 8/02/18 et du 07/07/20), la technique de photo-ID est ainsi une solution alternative à la capture réelle, qui permet par ailleurs la conservation des animaux et réduit les nuisances causées par la capture physique (Speed et al., 2007). Parmi les allocations étudiées, il sera ainsi intéressant de s'interroger sur l'utilisation horodatée de l'habitat au cours de la journée, l'utilisation des substrats et strates arborées du milieu, ... Afin de pouvoir envisager d'émettre des préconisations d'amélioration des méthodes de luttés pour les sites concernés.

En pratique, la méthodologie déployée repose sur la collecte des variables biotiques et abiotiques lors des suivis terrain, puis la comparaison de photos d'individus à identifier avec l'ensemble des photos d'une base de données acquises au fil des suivis réalisés. En complément, le statut invasif de l'Iguane commun a permis la réalisation de session de lutte lors desquelles ils ont été capturés et mis à mort, permettant de collecter des photos de bonne qualité et des deux profils afin de comparer les résultats des sessions de lutte avec les sessions de sortie terrain faite au préalable (taux de capture, nature des individus les plus facilement ou difficilement capturés, étude des variables connexes telles que sexe, classes d'âge, lieux...).

2. Protocole Suivi CMR et collecte lutte 2022

Le protocole de CMR déployé est une CMR "virtuelle" utilisant l'identification par photo comme technique de "marquage". Ainsi, lors de la première observation d'un individu, il est « capturé » photographiquement, plusieurs clichés de son (ou ses) profil(s) étant réalisés et catalogués comme correspondants à cet individu précis. Les clichés sont ensuite traités via le logiciel I3S Pattern et l'individu identifié est intégré dans la base de données, la première entrée correspondant à son « marquage » initial. Lors de captures visuelles ultérieures, si le même individu est à nouveau observé, il est photographié et par conséquent « re-capturé », la comparaison des nouveaux clichés avec ceux de référence permettent sa reconnaissance et confirment la recapture (Liebart et al., 2021).

Six suivis terrain de 6 heures pour chaque site ont été réalisés afin de collecter les données. Un pas de temps régulier entre chaque suivi a été établi afin d'assurer la qualité et la régularité de la collecte des données (Annexe 1). La répartition des suivis a tenu compte de la possibilité de les déplacer dépendamment des conditions météorologiques, pouvant rendre les observations difficiles notamment par temps de pluie.

Un premier lot de 6 suivis (Initial) a été réalisé en janvier 2022. Les sessions de Lutte Massive Iguane Commun menées par la DEAL Martinique, le Service d'Hygiène de la commune de Fort-de-France et la Cellule Espèces Exotiques Envahissantes du PNRM ont été réalisées de février à juin 2022. Un deuxième lot de 6 suivis (Post-lutte) a été réalisé en septembre 2022.

Afin d'affiner les créneaux horaires de suivi, les trois premiers jours des trois premiers sites comprenaient une surveillance toute la journée solaire pour déterminer les six heures de la journée les plus opportunes pour la réalisation des observations d'Iguanes., les transects ont donc été réalisés en deux tranches, de 9h30 à 12h et de 12h30 à 16h.

Les suivis ont été réalisés par deux observateurs le long de transects linéaires d'une largeur de 10 m. Chaque observateur regardant d'un côté du transect afin d'assurer une couverture visuelle de 180° en avant des observateurs. Les transects étaient parcourus à plusieurs reprises durant les différentes tranches horaires. Un des observateurs était en charge de prendre les clichés des individus observés, le deuxième notant les données biologiques et environnementales.

Trois sites sur la commune de Fort-de-France ont été identifiés pour la réalisation de cette étude, il s'agit des sites de Texaco, de la Française + Savane et du site de La Poste (Figure 1). Les transects réalisés sur les différents sites sont présentés aux Figures 2 à 4.



Figure 1 - Carte de situation des 3 sites suivis lors de l'étude



Figure 2 – Transect mis en œuvre pour le site de Texaco



Figure 3 - Transect mis en œuvre pour le site de La Savane



Figure 4 - Transect mis en œuvre pour le site de la Poste

Équipés de GPS et d'un appareil photo, un arrêt était marqué par les observateurs à chaque contact visuel avec un individu pour enregistrer la position GPS, la distance et l'angle par rapport à l'observateur. Ainsi, les données horodatées d'observation ci-dessous ont été collectées de façon standardisée pour chaque individu (Tableau 1).

Tableau 1 - Nature des données relevées pour chaque observation

| Nature de la donnée | Valeurs |
|--------------------------|---|
| Couverture nuageuse | Caractérisée en Octas |
| Vent | Caractérisation du vent ressenti : Présence / Absence + intensité (Faible / Moyen /Fort) |
| Position | Point GPS de l'observateur |
| Distance à l'observateur | Distance en ligne droite entre l'observateur et l'animal au moment de l'observation (en m), mesurée au télémètre |
| Angle à l'observateur | Relèvement magnétique de la position de l'animal (en °) |
| Comportement | Repos / Ensoleillement / Alimentation / déplacement / Interaction positive / Interaction antagoniste / Fuite / Repro antagoniste / Repro accouplement |
| Position | Au sol / Perché / Terré / Dans l'eau + mesure hauteur au télémètre (en m) |
| Substrat | Type de substrat sur lequel est vu l'animal : roche, herbe, terre, bâti, arbre (+ espèce), ... |
| Sexe | Sexage de l'individu : M / F / Indéterminé |
| Stade de vie | Adulte (Longueur Totale > à 75 cm) / Sub-adulte (LT de 60 à 75cm) / Juvénile (LT < à 60cm) |
| Phénotype | Couleur principale dominante + éventuel pattern de tâches |
| Etat de l'animal | Etat général visuel, condition physique : Bon, Moyen, Dégradé |
| Compléments | Cluster n°X, information complémentaire, ... |

Dans le cadre de l'étude, un cluster a été défini comme un groupe de plusieurs Iguanes de même classe d'âge et présents sur un même support, dans un rayon de moins de 3m, sans précision de sexe nécessaire.

Enfin, la trace GPS globale de chaque suivi a été enregistrée afin de contrôler la régularité du parcours et d'estimer les distances parcourues.

En parallèle de la collecte des données lors des suivis, il était demandé aux prestataires réalisant les sessions de Lutte Massive Iguane Commun lors du premier semestre 2022 de collecter et de transmettre les photos des deux profils des animaux capturés sur les trois sites suivis, afin de pouvoir identifier les individus capturés et intégrer ces données dans les analyses.

3. Base de données, Analyse spatiale et statistique

Lors des deux sessions de suivis, l'ensemble des données collectées pour toutes les observations au cours de chaque transect ont été saisies sur des fiches terrain présentées en Annexe 2, pour les suivis Initial et Post-Lutte. Les informations concernant tous les individus « marqués » lors de leur capture pour mise à mort dans le cadre des sessions de Lutte Massive Iguane Commun 2022 entre les deux lots de suivis ont également été intégrés à la base de données.

Les photographies réalisées ont également été archivées par sites, par transects et par jours. Les données de géoréférencement ont été archivées afin d'être utilisées pour illustrer la dynamique spatiale des individus observés. Les cartes de répartition ont été réalisées à l'aide du logiciel QGIS version 3.22.13.

La taille des populations sur chaque site était estimée par la méthode de CMR. Pour utiliser le modèle le plus approprié, le logiciel Close Test (Stanley et Richards, 2022) a été utilisé pour déterminer si les populations étaient ouvertes ou fermées. Les calculs réalisés par le logiciel sont basés sur les études de Stanley et Burnham (1999). Si la valeur de p-value du test de Stanley et Burnham est $> 0,05$, alors l'hypothèse « $H_0 =$ la population est fermée » est acceptée. Dans le cas contraire, l'hypothèse est rejetée et la population est donc ouverte.

Au regard de la nature des populations fermées caractérisées par les résultats de Close-test précédent, les conditions étaient réunies pour utiliser le modèle de Schumacher-Eschmeyer pour estimer la taille de la population à l'aide de la formule :

$$N = \frac{\sum_{i=1}^S (C_t M_t^2)}{\sum_{i=1}^S (R_t M_t)}$$

Avec :

- N : l'estimation du nombre total d'individus dans la population du site
- C_t : le nombre total d'individus marqués à la visite t
- M_t : le nombre total d'individus marqués avant la visite t
- R_t : le nombre total d'individus réobservés à la visite t
- S : le nombre total de séries de captures

Ensuite, la variance de l'échantillonnage est calculée par la formule suivante pour l'inverse de N avec la formule :

$$Var\left(\frac{1}{N}\right) = \frac{\sum R_t}{[\sum (C_t M_t)]^2}$$

Avec cette variance, l'intervalle de confiance à 95% est calculé pour l'inverse de N avec la formule :

$$IC_{95\%}\left(\frac{1}{N}\right) = \left(\frac{1}{N}\right) \pm 1,965 \times \sqrt{\left[\sigma^2\left(\frac{1}{N}\right)\right]}$$

L'intervalle de confiance de N est ensuite calculé à partir des valeurs obtenues pour l'inverse de N .

Dans le cas d'une population ouverte, c'est le modèle de Jolly-Seber qui a été utilisé pour estimer la taille de la population, avec la formule :

$$N_t = \frac{\frac{(R_t+1) \times z_t}{r_t+1} + m_t}{\frac{m_t+1}{n_t+1}}$$

Avec :

- u_t : le nombre d'individus nouvellement identifiés capturés à la visite t
- m_t : le nombre d'individus déjà identifiés capturés à la visite t
- n_t : le nombre total d'individus capturés à la visite t
- R_t : le nombre total d'individus capturés à la visite t et relâchés ensuite
- r_t : le nombre d'individus capturés à la visite t puis à nouveau capturés aux visites suivantes

- Z_t : le nombre d'individus capturés avant la visite t , non capturés à la visite t et capturés aux visites suivantes

Les intervalles de confiance pour ce modèle ont été calculés à l'aide du logiciel Rstudio à partir des formules recommandées (Liebart, 2019).

4. Marquage par Photo-identification

La photo-identification utilise les marques naturelles sur les animaux pour permettre leur identification individuelle. Le module Pattern du logiciel I3S a été utilisé pour cette étude suite à sa validation comme étant opérationnel pour *Iguana delicatissima* en 2020 (Balandraud, 2020).

Le fonctionnement du logiciel nécessite la définition de deux opérations principales avant mise en œuvre de l'analyse des clichés : la délimitation de la zone d'étude et la détermination de trois points de référence. Ainsi, la zone d'étude représente la partie à utiliser pour l'identification, dans laquelle I3S extrait 35 points clés pertinents. Chaque point clé a une taille et un emplacement dédié sur l'animal. Ces points clés représentent ainsi une carte individuelle spécifique, utilisée par le logiciel pour former des paires de points clé afin de comparer et d'identifier les animaux. Les points de référence sont quant à eux nécessaires pour corriger d'éventuelles différences d'angle de prise de vue et d'échelle entre les photos comparées. Ils sont fondamentaux pour la transformation mathématique qui permet de cartographier les caractéristiques d'un animal par rapport à un autre. Leur emplacement exact doit être clairement identifiable pour chaque utilisateur, ils doivent être visibles sur toutes les photos et le triangle formé par les trois points de référence doit couvrir la majeure partie de la zone d'étude, idéalement à un angle de 60 degrés (Jurgen Den Hartog et Renate Reijns, 2016).

Sur la base des travaux préliminaires de Balandraud (2020) pour *Iguana delicatissima*, le modèle de points de références I3S Pattern pour *Iguana iguana* est le trio « Extrémité supérieure de la narine – Extrémité supérieure du tympan – Extrémité inférieure de l'écaille sub-tympanique », validés pour optimiser l'efficacité de la reconnaissance individuelle pour *Iguana iguana* (en bleu sur la Figure 5). L'écaille sub-tympanique étant absente chez *Iguana delicatissima*, le point extérieur bas situé aux niveaux des écailles labiales pour *Iguana delicatissima* a été placé à l'extrémité basse de l'écaille sub-tympanique pour *Iguana iguana*. La zone d'étude retenue a également été la même que pour *Iguana delicatissima*. Elle englobe ainsi toutes les écailles du milieu et du bas du profil, de la narine à l'arrière du tympan en détournant le bas de l'œil et du contour arrière de l'écaille sub-tympanique à la pointe du museau en longeant la ligne de la mâchoire (en vert sur la Figure 5).

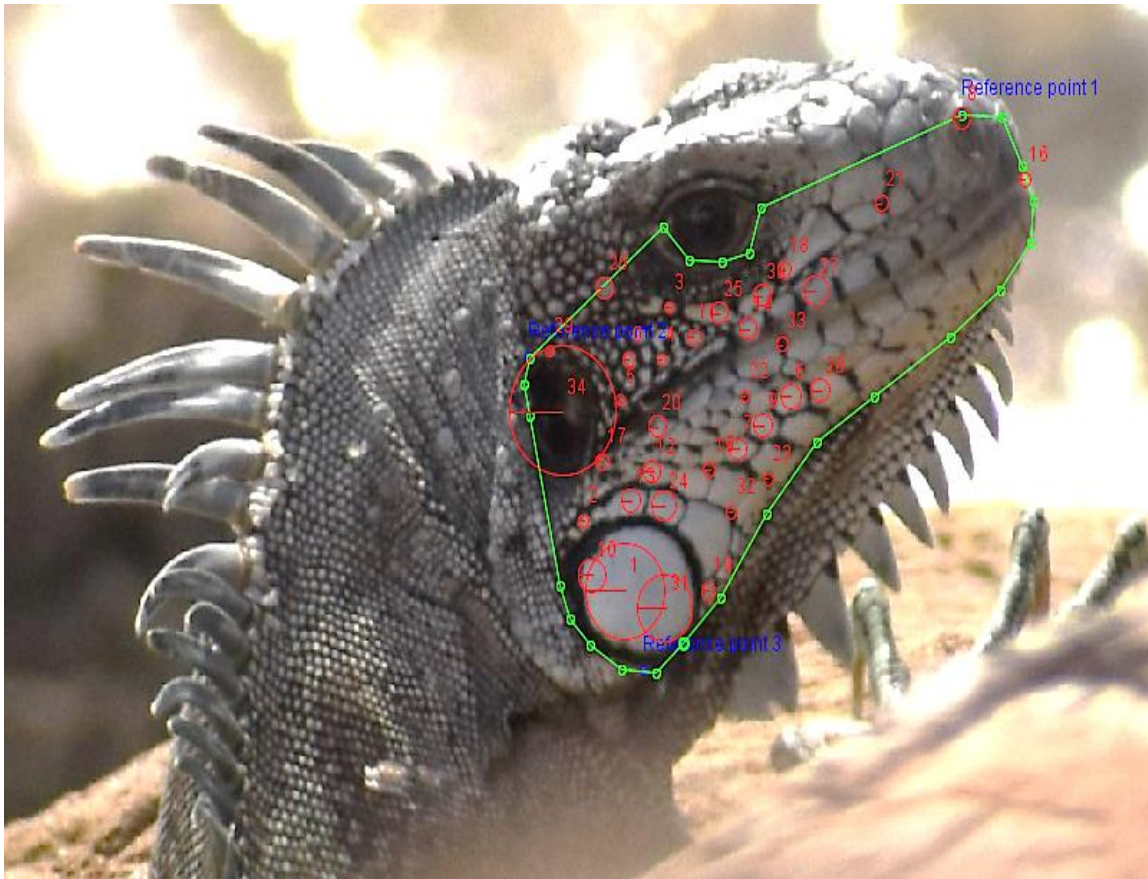


Figure 5 - Emplacements des points de références (bleus) et de la zone d'étude (vert) appliqués à l'espèce *Iguana iguana* pour photo-identification par I3S

Une fois ces deux éléments validés pour l'espèce cible, un travail de tri, de recadrage et d'ajustement de chaque photo a été effectué afin de ne garder que les photos de bonne qualité. Celles-ci ont également été renommées par jours/date/individu/profil et numéro de photo, afin de standardiser et sécuriser l'allocation des numéros d'individus, indépendamment des jours d'observation.

Les premières photos des premiers individus observés le premier jour de suivi de chaque site sont intégrées en premier dans le logiciel. Elles correspondent au « marquage » de l'individu, lors de sa première « capture » visuelle en jour 1. Les photos des autres jours de suivis sont ensuite traitées et ajoutées dans le logiciel au fur et à mesure. La discrimination des individus entre eux est proposée par le logiciel selon des scores de similarité décroissants. Plus ce dernier est bas, plus la similarité entre les deux individus des clichés est forte. La reconnaissance d'un individu déjà marqué précédemment, grâce à un score de similarité élevé dans le logiciel, correspond dès lors à une « Recapture » de l'individu identifié.



3. Résultats

1. Effort d'échantillonnage

L'effort d'échantillonnage pour les différents sites est présenté au Tableau 2. Ainsi, 69 transects ont été parcourus à Texaco, 63 à La Savane et 48 sur le site de La Poste au cours des 12 suivis. 2508 observations ont été réalisées au total pour l'ensemble des suivis, 1694 en Initial et 814 en Post-lutte. Le nombre moyen d'observations par transect montre un nombre plus important d'observations sur le site La Poste, en suivi Initial comme en suivi Post-lutte.

Tableau 2 - Caractérisation de l'effort d'échantillonnage réalisé sur les trois sites suivis

| | Suivi Initial | | | Suivi Post-lutte | | |
|-------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | Texaco | La Savane | La Poste | Texaco | La Savane | La Poste |
| Surface des sites | 10723 m ² | 16269 m ² | 12753 m ² | 10723 m ² | 16269 m ² | 12753 m ² |
| Nombre de transects réalisés | 33 | 32 | 24 | 36 | 31 | 22 |
| Nombre d'heures totales de suivis | 37h32 | 37h54 | 38h07 | 27h41 | 30h14 | 28h57 |
| Kilomètres totaux parcourus | 19,254 km | 30,453 km | 18,615 km | 12,447 km | 26,051 km | 17,752 km |
| Longueur moyenne des transects | 564 m | 582 m | 776 m | 517 m | 600 m | 846 m |
| Nombre total d'observations | 418 | 454 | 822 | 190 | 289 | 335 |
| Nombre moyen d'observation/transect | 12,7 | 14,2 | 34,3 | 5,3 | 9,3 | 15,2 |

L'ensemble des clichés réalisés est présenté au Tableau 3. Un total de 6565 clichés a ainsi été collecté durant les 12 suivis réalisés et 672 clichés ont été pris lors des sessions de Lutte Massive. Sur ces clichés, 1479 photos de suivis (soit 22,5%) et 296 photos issues de la lutte (soit 44%) ont été utilisées pour la photo-identification.

Tableau 3 - Photographies effectuées et exploitées lors des suivis.

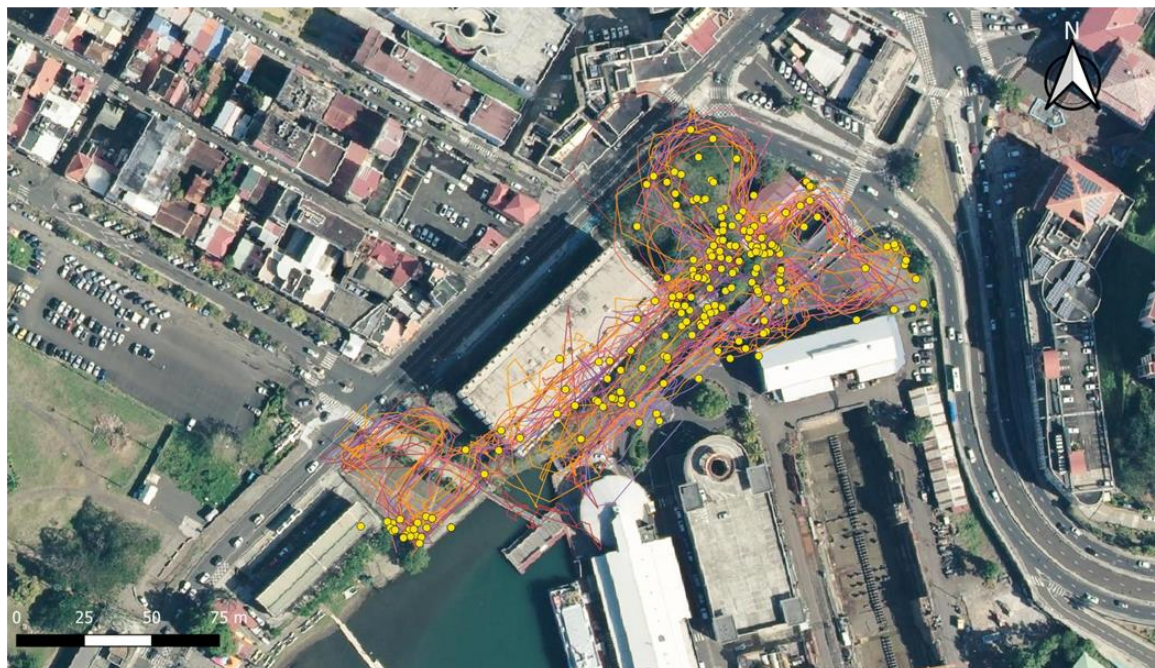
| Suivis : | Nombre de photos réalisées | | | Nombre de photos exploitables I3S | | |
|------------------|----------------------------|-------|------------|-----------------------------------|-------|------------|
| | Initial | Lutte | Post-lutte | Initial | Lutte | Post-lutte |
| La Poste | 1569 | 185 | 825 | 393 | 90 | 309 |
| La Savane | 1274 | 34 | 945 | 204 | 18 | 136 |
| Texaco | 1394 | 453 | 558 | 324 | 188 | 113 |
| Total | 4237 | 672 | 2328 | 921 | 296 | 558 |

Les Figures 6 à 8 présentent les transects géoréférencés qui ont été effectués pour les jours de suivi des 3 sites, ainsi que l'emplacement des observations réalisées, pour le suivi Initial (a.) et le suivi Post-lutte (b.).



a. Traces et points d'observation La poste suivi initial - janvier 2022

— Trace du 13/01/2022 — Trace du 03/02/2022
 — Trace du 19/01/2022 — Trace du 09/02/2022
 — Trace du 25/01/2022
 — Trace du 28/01/2022 ● Points d'observation



b. Traces et points d'observation La Poste deuxième suivi - septembre 2022

— Trace du 01/09/2022 — Trace du 23/09/2022
 — Trace du 07/09/2022 — Trace du 29/09/2022
 — Trace du 14/09/2022
 — Trace du 20/09/2022 ● Points d'observation

Figure 6 - Géolocalisation des transects et observations pour La Poste en Suivi Initial et Post-lutte



a. Traces et points d'observation La savane suivi initial - janvier 2022

- Trace du 12/01/2022 — Trace du 02/02/2022
- Trace du 18/01/2022 — Trace du 08/02/2022
- Trace du 21/01/2022
- Trace du 27/01/2022 ● Points d'observation



b. Traces et points d'observation La savane deuxième suivi - septembre 2022

- Trace du 31/09/2022 — Trace du 22/09/2022
- Trace du 06/09/2022 — Trace du 28/09/2022
- Trace du 13/09/2022
- Trace du 16/09/2022 ● Points d'observation

Figure 7 - Géolocalisation des transects et observations pour La Savane en Suivi Initial et Post-lutte



a. Traces et points d'observation Texaco suivi initial - janvier 2022



b. Traces et points d'observation Texaco deuxième suivi - septembre 2022



Figure 8 - Géolocalisation des transects et observations pour Texaco en Suivi Initial et Post-lutte.

2. Résultats de CMR Photo-identification

L'effort d'échantillonnage pour la CMR photo pour les trois sites a permis la prise de 6565 clichés pour 2508 observations réalisées, et 675 clichés ont été collectés lors des sessions de lutte (pour les 172 individus capturés et mis à morts lors de ces sessions). Certains individus n'ont pas pu être photographiés pour des raisons de distance trop éloignée, de furtivité de l'observation (l'animal ayant disparu trop vite pour prendre un cliché), d'obstacles visuels entre l'observateur et le profil visé ou encore en raison d'angles de vue ne permettant pas la prise de clichés des profils. Après visionnage, tri et sélection, 1479 + 296 clichés pour l'ensemble des sites ont été retenus pour être traités dans I3S.

La Figure 9 fait ainsi apparaître un exemple de test de recapture d'un individu (cliché de gauche) que le logiciel I3S corrèle avec les clichés de droite selon des scores de similarité associés. Ainsi, l'individu vu pour la première fois le 13 janvier 2022 a été « capturé et marqué » (P023). Revu le 19 janvier 2022, I3S propose une recapture possible en corrélant le cliché du 19 janvier avec la capture de l'individu P023 du 13 janvier (ici deux clichés validés du marquage). La confirmation visuelle par l'opérateur atteste d'une recapture positive.



Figure 9 - Exemple de recapture effective sous I3S

Le nombre total d'individus capturés, marqués et recapturés est présenté au Tableau 4. Sur les 2508 observations réalisées au cours des 12 suivis, 319 individus ont ainsi pu être marqués par photo-identification, et 146 ont été recapturés au moins une fois. Lors du suivi Initial, 14,2 à 22,9% des observations ont permis une identification (donc un marquage d'individu), contre 12,1 à 34,6 % lors du suivi Post-lutte. Parmi les individus marqués, 10 ont été recapturés au Suivi Post-lutte alors qu'ils avaient été marqués au Suivi Initial (4 à La Poste, 1 à La Savane et 5 à Texaco). Enfin, aucune recapture n'a été constatée entre les sites, en suivi Initial comme Post-lutte.

En ce qui concerne les 172 individus collectés lors des sessions de Lutte Massive, 147 ont pu être nouvellement marqués et 10 avaient précédemment été marqué lors du suivi Initial. Ainsi 8 individus marqués sur le site de La Poste lors du suivi Initial ont été recapturés, et éliminés, lors des sessions de lutte, de même qu'1 individu pour La Savane et 1 individu pour Texaco. Aucun individu capturé en Lutte n'avait été identifié sur un autre site suivi en Initial. Les individus présentant des photos de mauvaise qualité n'ont pas pu être marqués avec I3S. Les match observés lors de la lutte ne sont pas considérés comme des recaptures cumulées, mais présentés dans les recaptures inter-suivis.

Tableau 4 - Nombre d'individus observés, marqués et recapturés aux cours des suivis

| | Nombre d'observations | | | Nombre d'individus marqués | | | Recaptures cumulées par sites | | | Recaptures inter-suivi | |
|------------------|-----------------------|-------|------------|----------------------------|-------|------------|-------------------------------|-------|------------|------------------------|---------------|
| | Initial | Lutte | Post-lutte | Initial | Lutte | Post-lutte | Initial | Lutte | Post-lutte | Init./Lutte22 | Init./Post-l. |
| La Poste | 822 | 36 | 335 | 97 | 35 | 75 | 67 | NA | 21 | 8 | 4 |
| La Savane | 454 | 20 | 289 | 58 | 19 | 25 | 25 | NA | 3 | 1 | 1 |
| Texaco | 418 | 116 | 190 | 45 | 103 | 19 | 25 | NA | 5 | 1 | 5 |
| Total | 1694 | 172 | 814 | 200 | 157 | 119 | 117 | NA | 29 | 10 | 10 |

Les résultats de capture/recapture des Iguanes identifiés par photo sur les différents suivis réalisés sont présentés dans la Figure 10 (a. Suivi Initial, b. Suivi Post-lutte). Il apparaît que pour le suivi initial, il y a eu des réobservations à toutes les sorties à partir de la deuxième sortie pour les trois sites. Les taux de recapture les plus élevés sont sur le site de La Poste avec plus de 50% de recapture à chaque fois. Pour le suivi post-lutte, le nombre d'observations a été moins important mais a tout de même permis des réobservations à toutes les sorties pour le site de La Poste.

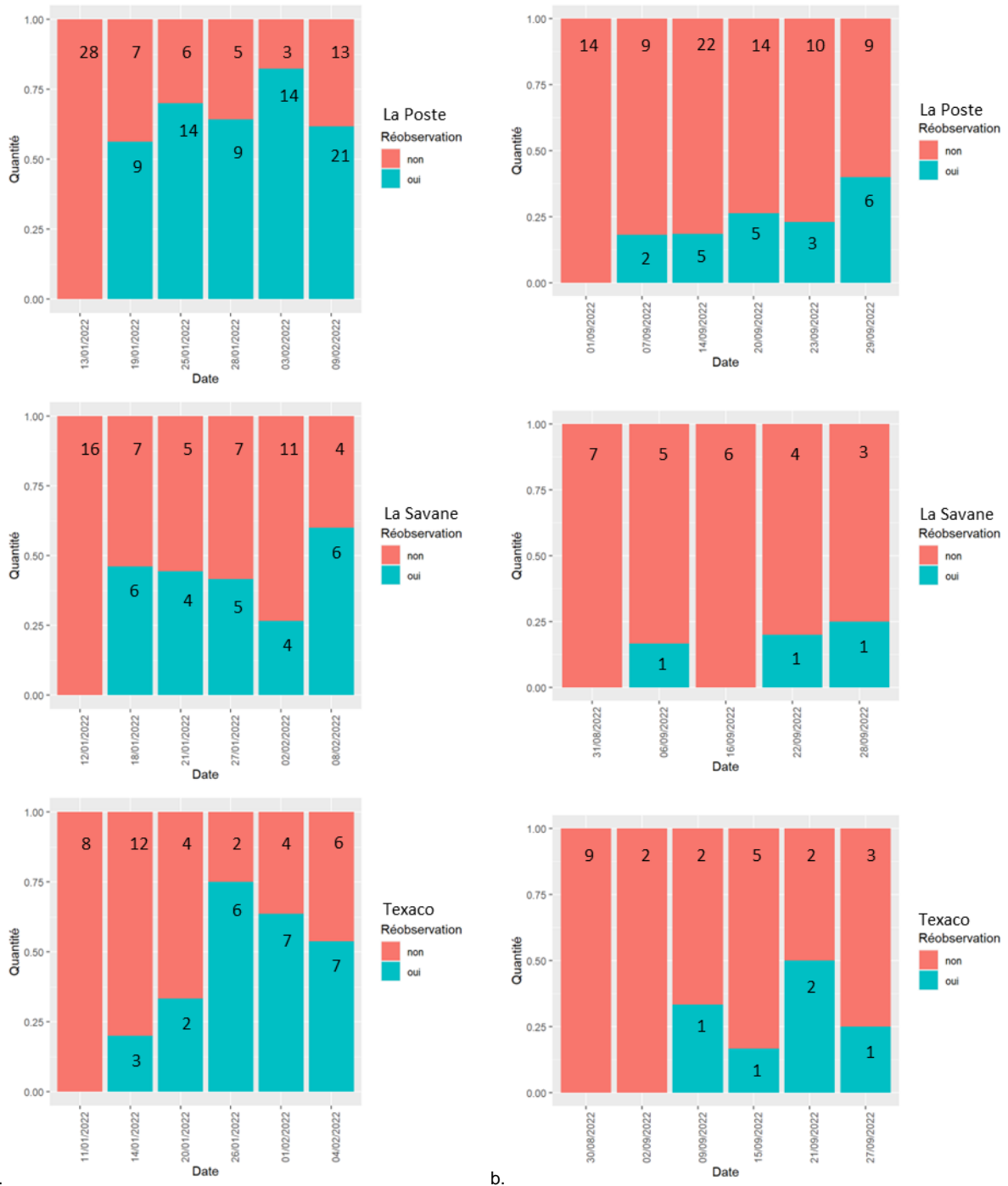


Figure 10 - Résultats de CMR par photo-identification pour les suivis Initial (a.) et Post-lutte (b.)

Les captures/recaptures de la totalité des identifications réparties par classe d'âge (Figure 11) montrent que des marquages et des recaptures ont été possibles pour les trois stades de vie (adulte, sub-adulte et juvénile).

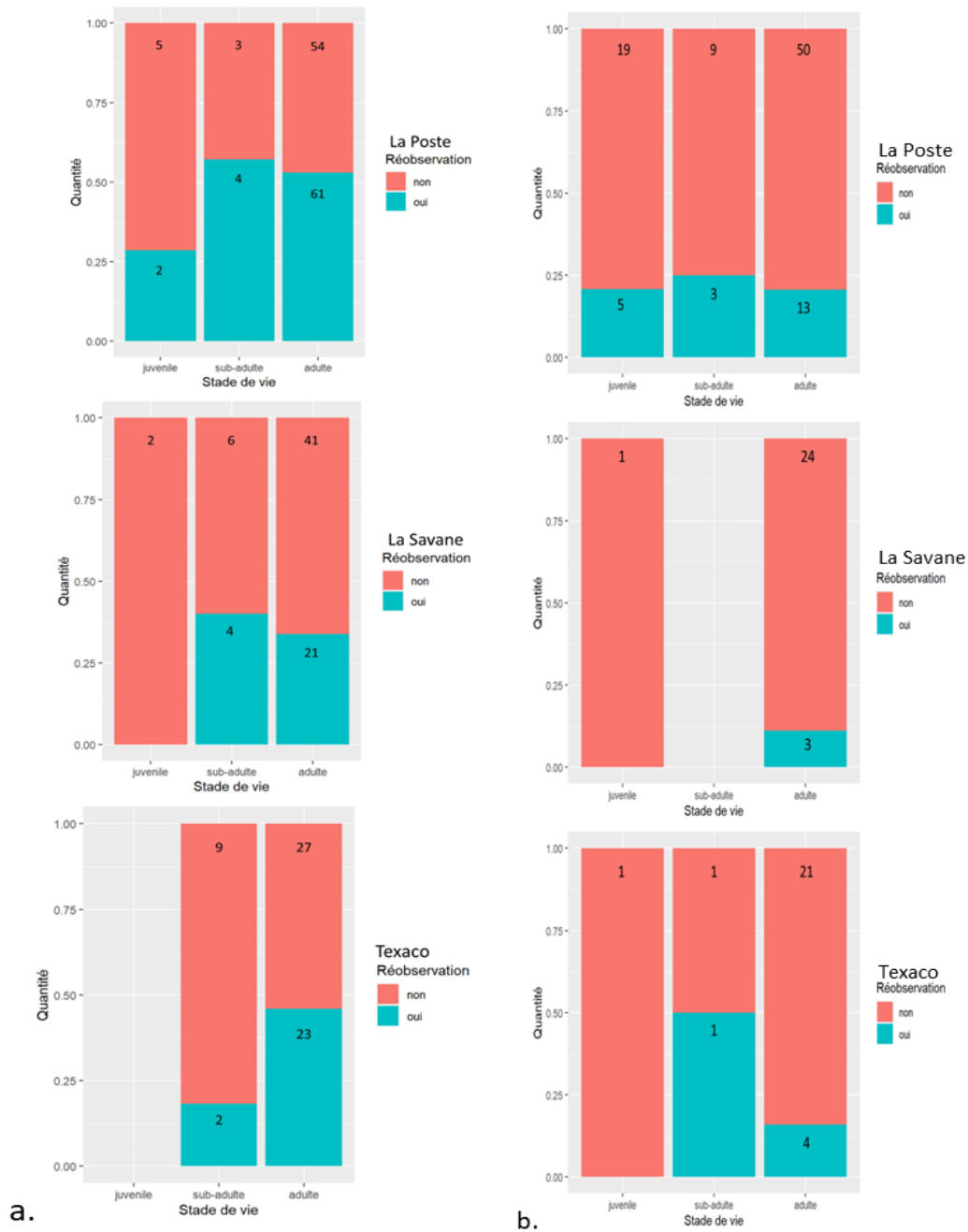


Figure 11 - Résultats de CMR photo-identification par classe d'âge pour les suivis Initial (a.) et Post-lutte (b.)

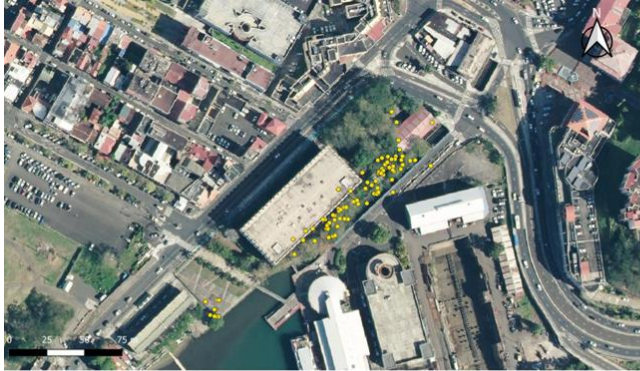
Enfin, les résultats des Closes tests ont montré qu'au suivi Initial les populations de La Savane et de Texaco étaient fermées et que celle de La Poste était ouverte. Le modèle de Schumacher-Eschmeyer a permis une estimation de la taille de la population à 77 individus à la 6^{ème} sortie sur le site de La Savane, avec un intervalle de confiance entre 54 et 136 individus. Pour Texaco, la population est estimée à 46 individus à la 6^{ème} sortie, avec un intervalle de confiance entre 33 et 76 individus. Le modèle de Jolly-Seber pour le site de La Poste a permis d'estimer une population de 36 individus à la 5^{ème} sortie avec un intervalle de confiance entre 26 et 48 individus.

Lors du suivi Post-lutte, les résultats des Closes-Test ont indiqués que les populations des trois sites étaient ouvertes. Toutefois, les taux d'identifications lors de ce suivi ont été insuffisants par rapport au nombre d'observations (deux fois moins important qu'en suivi Initial) pour juger ces résultats concluants. Pour cette même raison, les modèles d'estimation de taille de population n'ont pas pu être mis en œuvre.

3. Caractérisation des observations

La répartition géoréférencée des observations qui ont été effectuées chaque jour pour chaque site, en fonction des suivis (Initial et Post-lutte) est présentée aux Figures 12 à 14. On peut observer des concentrations d'observations d'individus en différents endroit des sites. Ces concentrations au niveau d'emplacements géographiques fixes semblent stables au cours des différents jours de suivis, observées à chaque suivis terrain, pour chaque site, et certaines concentrations d'individus ont pu être définies comme des clusters de plusieurs individus dans un périmètre de 3 mètres. Il apparait ainsi une utilisation groupée en clusters de supports végétaux par les individus observés sur les différents sites (Amandier, Ficus ou Mimosa). Une stabilité relative du nombre d'individus observés dans les clusters des sites de la Poste et de la Savane a pu être constatée lors du suivi initial. En suivi Post-lutte, si les mêmes supports ont été constatés toujours utilisés par des clusters d'individus, ces derniers comportaient moins d'individus qu'au suivi initial. Enfin, en suivi Post-lutte, il a été constaté la taille, partielle ou totale, de certains supports végétaux qui abritaient des regroupements d'individus, et ceux-ci n'ont dès lors pas été de nouveau observés.

a.



Points d'observation à La poste le 13/01/2022

● Points d'observation



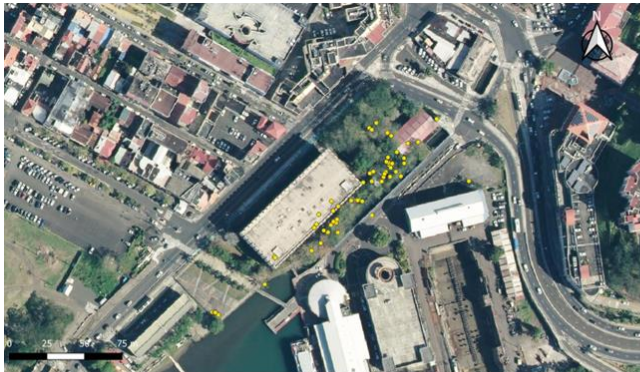
Points d'observation à La poste le 19/01/2022

● Points d'observation



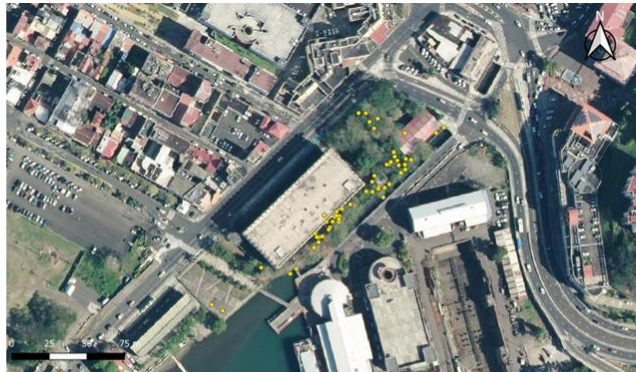
Points d'observation à La poste le 25/01/2022

● Points d'observation



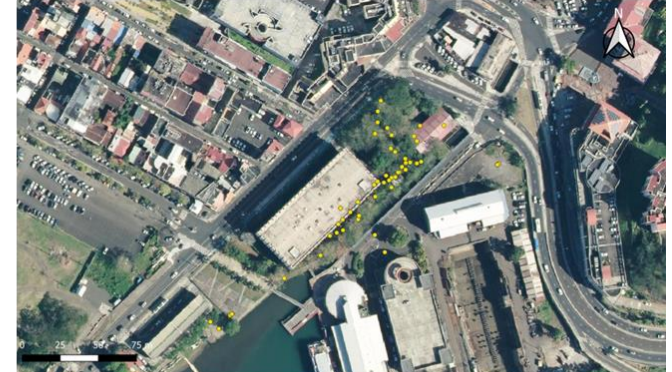
Points d'observation à La poste le 28/01/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 03/02/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 09/02/2022

● Points d'observation

b.



Points d'observation à La poste le 01/09/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 07/09/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 14/09/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 20/09/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 23/09/2022

● Points d'observation



Points d'observation à La poste le 29/09/2022

● Points d'observation

Figure 12 - Répartition géoréférencée des observations faites pour chaque jour du suivi Initial (a.) et Post-Lutte (b.) sur le site de La Poste

a.



Points d'observations à La savane le 12/01/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 18/01/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 21/01/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 27/01/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 02/02/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 08/02/2022

• Points d'observation

b.



Points d'observations à La savane le 31/08/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 06/09/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 13/09/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 16/09/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 22/09/2022

• Points d'observation



Points d'observations à La savane le 28/09/2022

• Points d'observation

Figure 13 - Répartition géoréférencée des observations faites pour chaque jour du suivi Initial (a.) et Post-Lutte (b.) sur le site de La Savane

a.



Points d'observations à Texaco le 11/01/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 14/01/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 20/01/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 26/01/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 01/02/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 04/02/2022

● Points d'observation

b.



Points d'observations à Texaco le 30/08/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 02/09/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 09/09/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 15/09/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 21/09/2022

● Points d'observation



Points d'observations à Texaco le 27/09/2022

● Points d'observation

Figure 14 - Répartition géoréférencée des observations faites pour chaque jour du suivi Initial (a.) et Post-Lutte (b.) sur le site de Texaco

Les Figures 15 et 16 présentent les nombres cumulés d'observations par tranche horaire, tous transects confondus, entre 9h et 17h. En suivi Initial, on constate ainsi une forte présence d'Iguanes communs détectables de 10h à 16h, avec quelques variations en fonction des sites sur cette plage horaire. Il est en de même pour les suivis Post-lutte. Les créneaux horaires de 9-10h et 16-17h cumulent moins de transects réalisés que les autres sections horaires du fait des horaires du protocole.

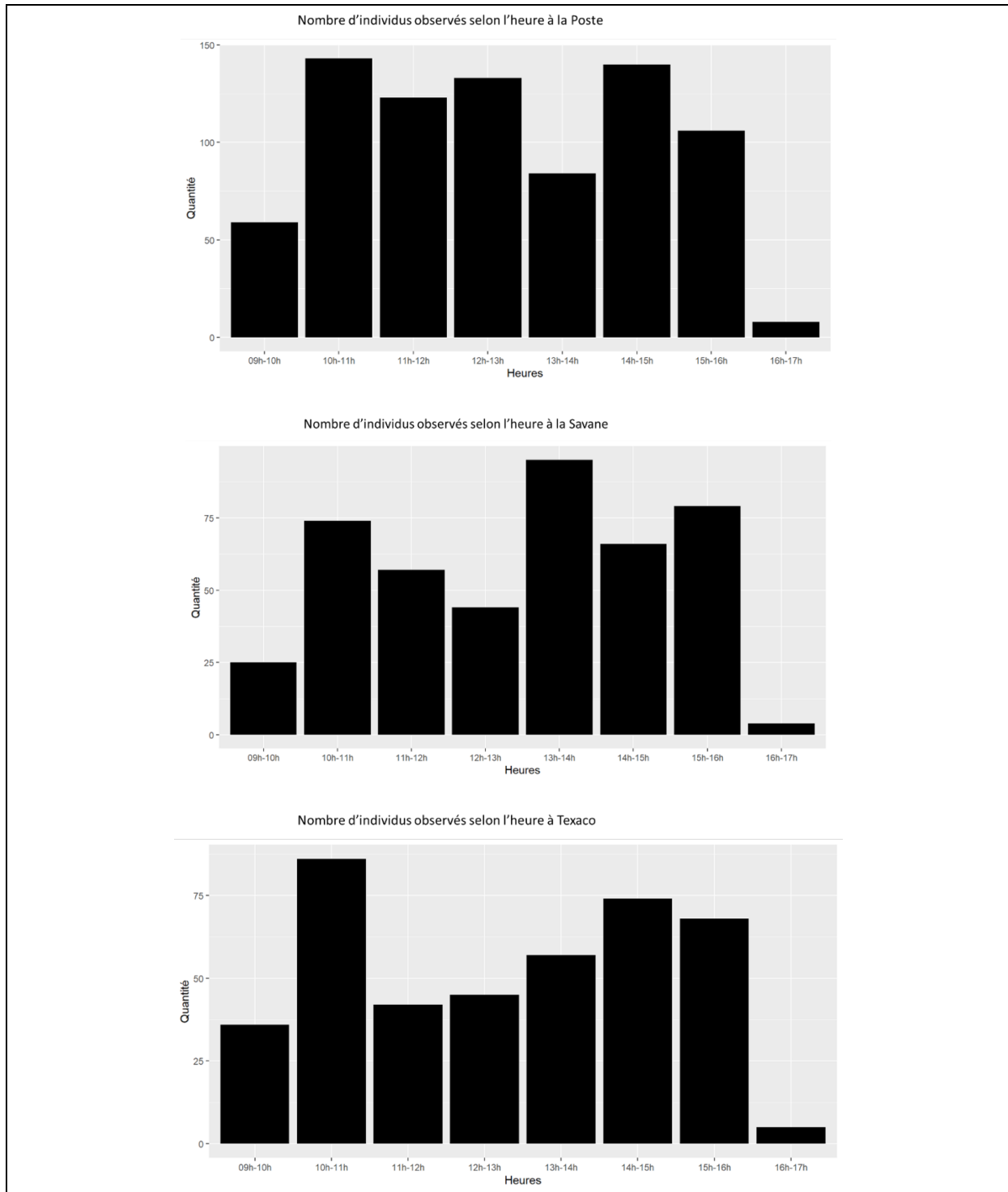


Figure 15 - Répartition des observations réalisées par tranches horaire - Suivi Initial

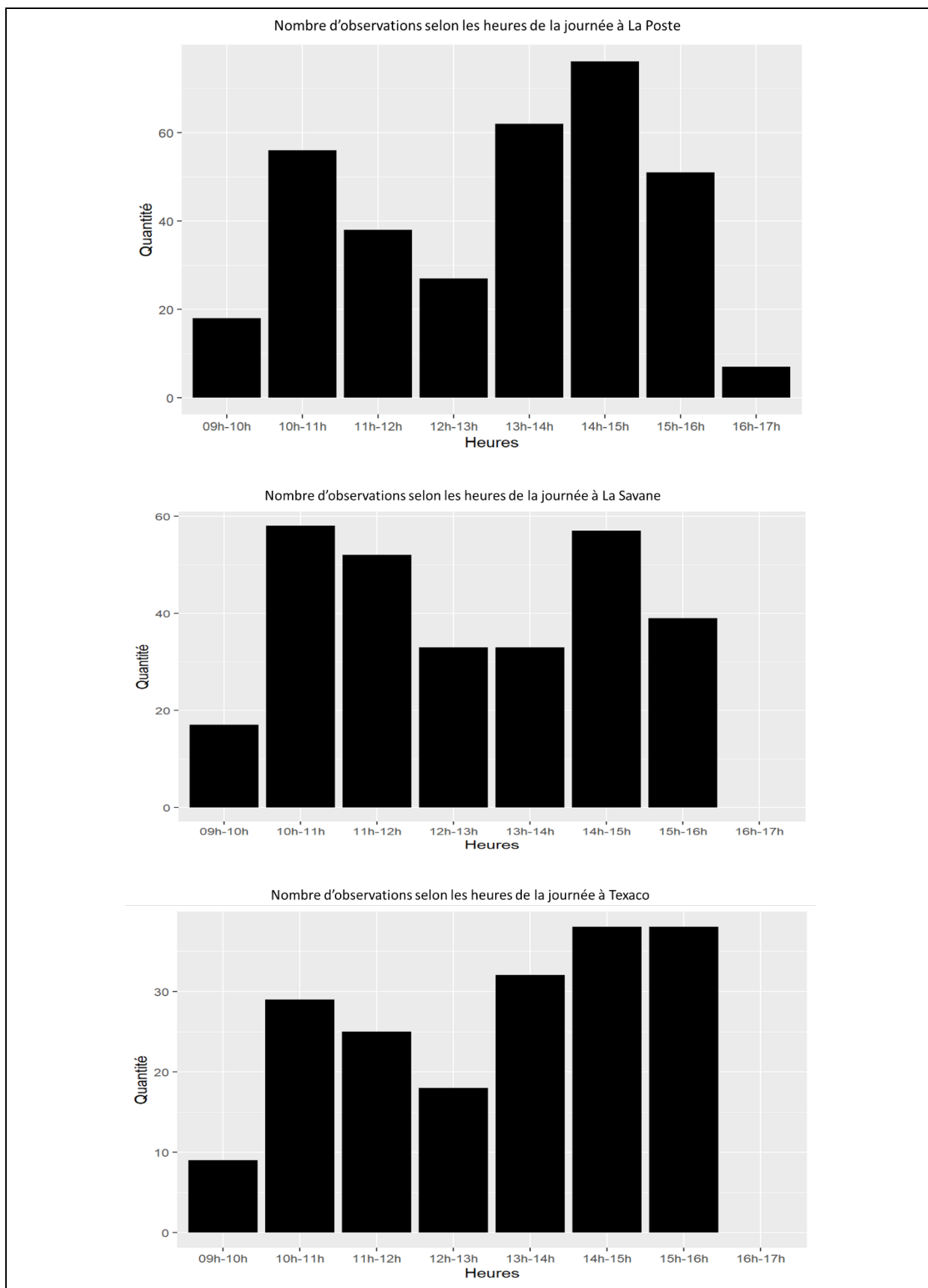


Figure 16 - Répartition des observations réalisée par tranches horaire - Suivi Post-lutte

La Figure 17 présente le nombre total d'observations d'Iguanes communs répartis par classe d'âge pour chaque site, à l'occasion du suivi Initial (a) et Post-lutte (b). Il apparaît une dominance des observations d'adultes, avec 64 à 96 % des observations recensées dépendamment des sites et des suivis. Viennent ensuite les sub-adultes, avec 3 à 17 % des observations, avec plus d'observations de cette catégorie en suivi Post-lutte pour La Poste et Texaco. Enfin les juvéniles représentent 1 à 21 % des observations, ces dernières mettant en évidence un nombre beaucoup plus importants de juvéniles observés en suivi Post-lutte à La Poste. Les N.A correspondent aux individus difficilement déterminables ou encore peu visibles (éloignés ou aperçus).

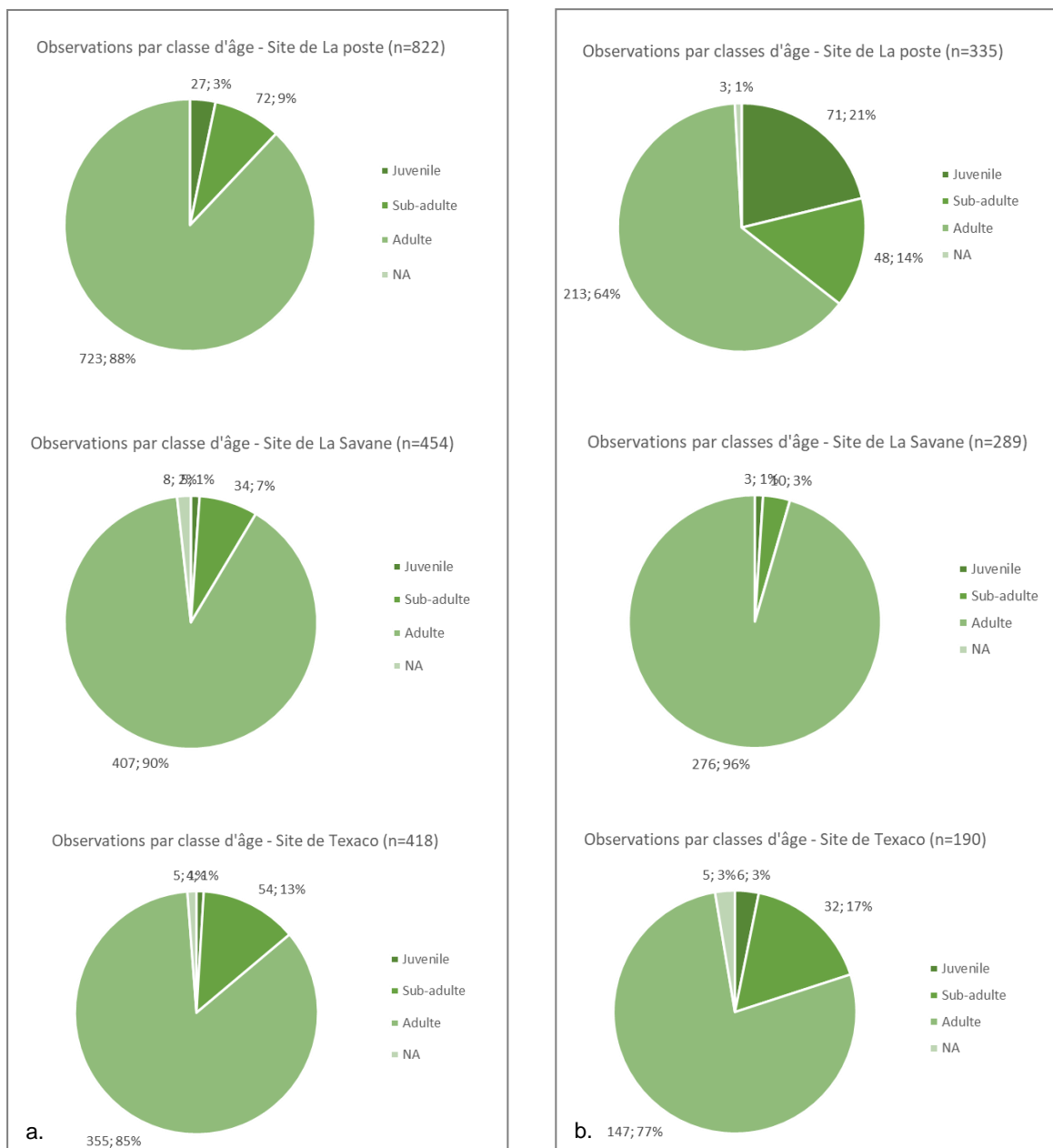


Figure 17 - Tranches d'âge des individus observés par site : Suivi Initial (a.) et Post-lutte (b.)

La Figure 18 présente le nombre d'observations réalisées par site, en fonction de la hauteur des individus et de la tranche horaire de l'observation, pour le Suivi Initial. Il apparaît que les individus observés sont le plus souvent positionnés en dessous de 3m ou au-dessus 5m à La Poste, que les observations à la Savane ne sont quasiment jamais en dessous de 5-6 m, et que les observations à Texaco sont majoritairement au sol.

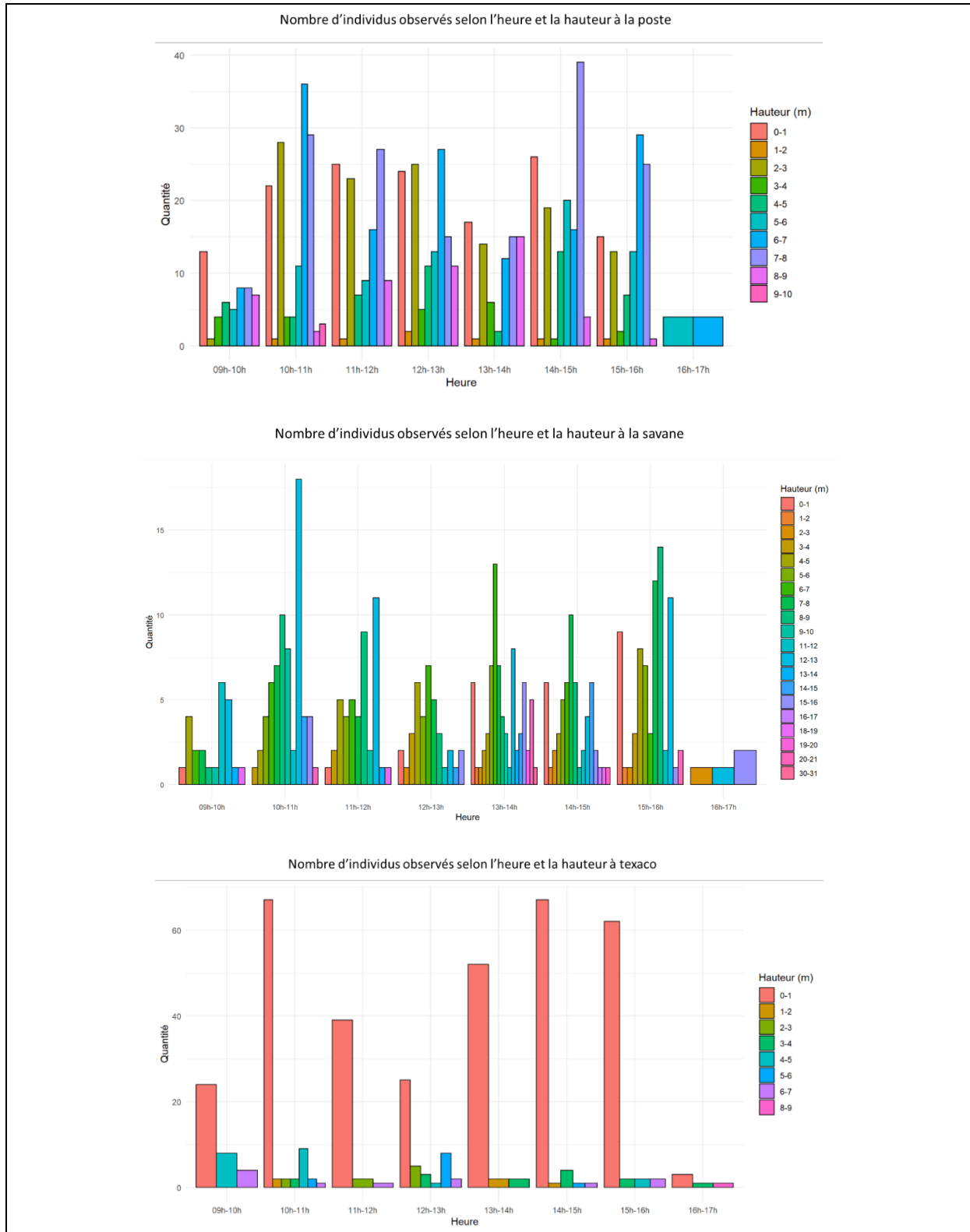


Figure 18 - Répartition horaire des hauteurs des individus observés pour le Suivi Initial

La Figure 19 présente le nombre d'observations réalisées par site, en fonction de la hauteur des individus et de la tranche horaire de l'observation, pour le Suivi Post-lutte. Il apparaît que les observations à La Poste sont majoritairement entre 0 et 5 m, que les observations qui sont faites à la Savane ne sont quasiment jamais en dessous de 5-6 m, et que les observations à Texaco sont majoritairement au sol.

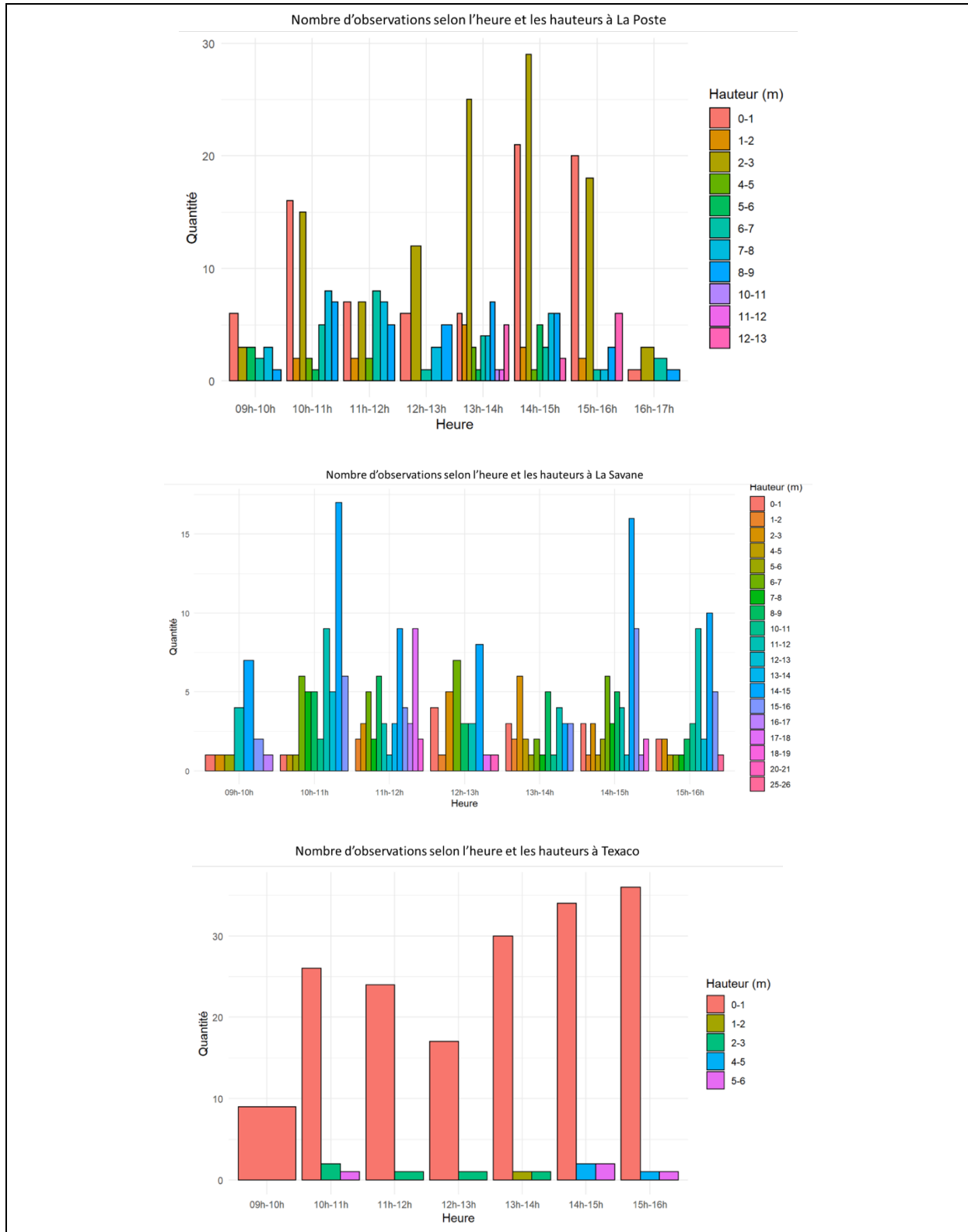


Figure 19 - Répartition horaire des hauteurs des individus observés pour le Suivi Post-lutte

La Figure 20 présente les proportions des substrats utilisés par les Iguanes observés sur chaque site lors des suivis Initial et Post-lutte. Il apparaît ainsi que le substrat Arbre est prépondérant en Suivi Initial à La Poste et La Savane. Il devient moins observé en suivi Post-lutte pour ces deux sites. Ainsi le substrat Bâti est relevé à part égale des Arbres lors des observations du Suivi Post-lutte pour La Poste et en proportion inverse avec les Arbres entre Initial et Post-lutte pour la Savane. Enfin, le substrat prépondérant des observations de Texaco, en Initial ou Post-lutte, est le rocher.

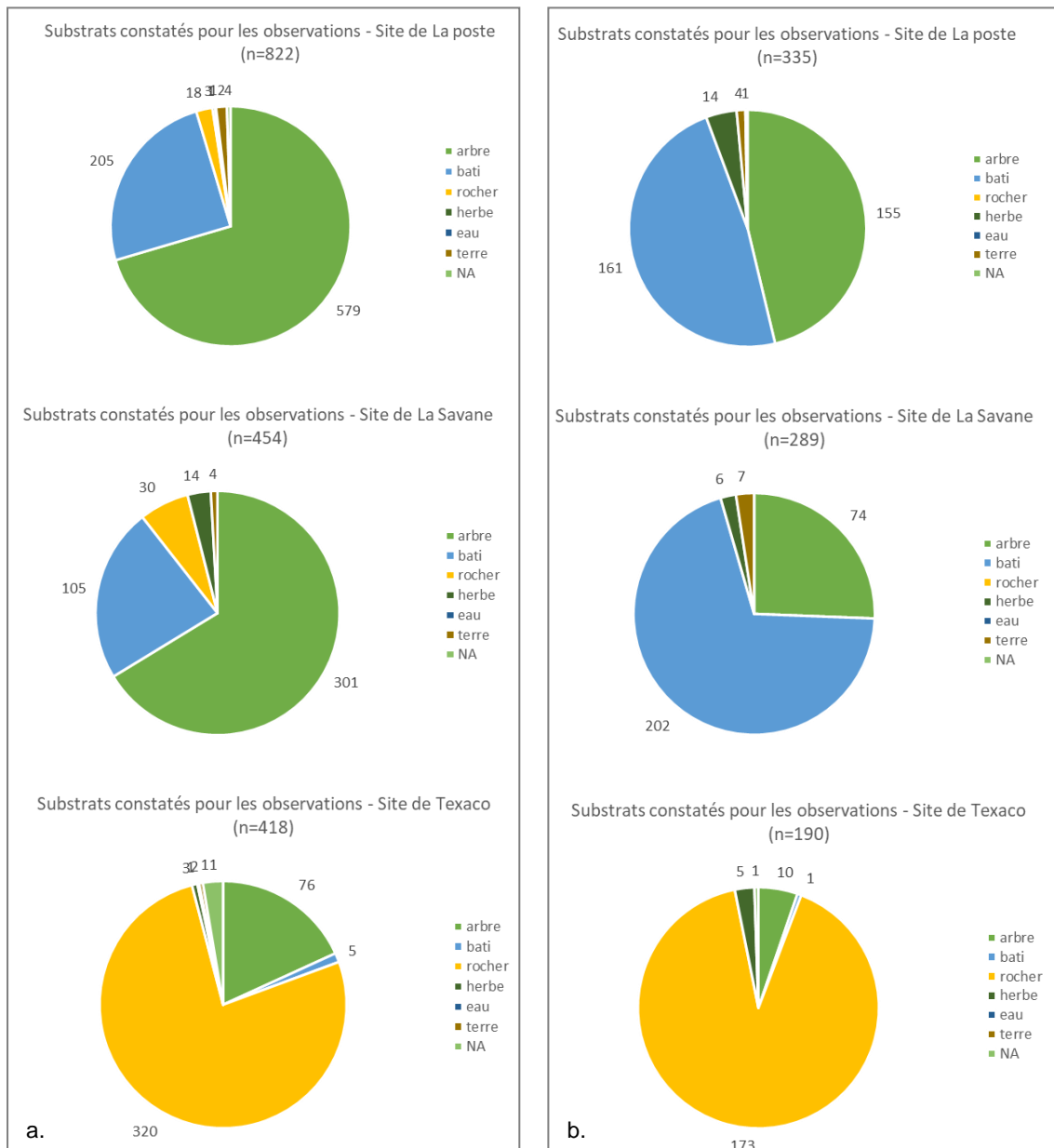


Figure 20 - Répartition des substrats pour les observations – Suivi Initial (a.) et Post lutte (b.)



4. Analyse et Recommandations

1. Mise en œuvre des protocoles

La mise en œuvre des protocoles de suivi sur le terrain n'a pas rencontré de difficulté de réalisation particulière. Une journée de suivi Post-lutte a dû être décalée de 24h pour des raisons logistiques.

Les conditions météorologiques ont permis la réalisation de tous les suivis aux dates prévues, aucune mauvaise météo n'ayant nécessité le report d'une session. Seules des interruptions de quelques minutes ont dû être observées lors de rares et courtes averses légères en suivi initial. En suivi Post-lutte, les précipitations ont été plus fréquentes, et plus abondantes, conduisant à interrompre momentanément les suivis, qui ont pu être repris et finalisés comme prévu.

Pour les deux sessions de suivis, il est par contre possible que des conditions météorologiques de fort ensoleillement ou fortes températures aient eu un impact sur la détectabilité des individus, qui ont pu être moins présents du fait d'un substrat à la température trop élevée ou de la recherche d'emplacements ombragés, potentiellement hors de vue.

Selon les sites il a par contre fallu adapter la vitesse de déplacement et l'approche par rapport aux individus, pour minimiser la réaction de fuite de l'individu observé, car le terrain et le comportement des Iguanes varient fortement d'un site à l'autre. Ainsi les conditions d'approche étaient particulièrement sensibles à Texaco (terrain découvert, faible fréquentation anthropique, possible risque de prédation par des chiens, ...). La problématique ne s'est pas rencontrée sur les deux autres sites.

Sur les sites présentant des perchoirs de grandes hauteurs (Amandiers, Poiriers, constructions, ...), comme La Savane ou La Poste, des difficultés d'accès et de prises de vues ont été rencontrées. En effet la hauteur des animaux dans les arbres (8 à 15m) et la position en contre-bas de l'observateur ne permettaient pas d'avoir un angle de vue favorable pour effectuer des clichés de profils facilement compatibles avec l'utilisation dans I3S Pattern. C'est pourquoi sur 6565 clichés réalisés, seuls 22,5 % (1479) ont pu être retenus pour la photo-identification sur I3S.

Lors de l'ensemble des suivis, la distance d'observation et le faible dimorphisme sexuel de l'espèce ont conduit à rendre peu aisé le sexage avec certitude des individus observés. Toutefois, les mâles dominants ont généralement pu être caractérisés par leurs comportements de défense du territoire ou statut de mâle en harem au sein de clusters. Les

femelles gravides en fin de gestation ont pu également être distinguées. Le sexage des sub-adultes et des adultes sexuellement inactifs n'a pu être réalisé.

Enfin, afin d'optimiser l'identification selon le protocole utilisé ici, il est recommandé de réaliser les photos des profils des animaux collectés en lutte juste avant la mise à mort.

2. Analyse des résultats

CMR par photo-identification

Cette étude est la première utilisant la photo-identification à des fins de CMR pour l'espèce *Iguana iguana*. L'utilisation du marquage par photo-identification à distance *via* I3S Pattern a permis d'identifier avec certitude les individus observés, grâce à des recaptures visuelles validées par l'opérateur dans les propositions de similarité parmi les 1775 clichés entrés dans la base de données photo. Ainsi, le marquage par photo-identification de 319 + 147 individus, les taux de réobservation entre les sorties (jusqu'à 75%) ainsi que les recaptures entre les lots de suivis, et avec les sessions de lutte, montrent que le protocole de traitement automatisé assisté par ordinateur avec I3S Pattern pour l'espèce *Iguana iguana* est efficace, aux seins des trois stades de vie. La réalisation de CMR "à distance" d'individus, grâce à leur marquage par entrée nominative en base de données photo-ID et leur recapture visuelle sur des suivis postérieurs à la capture initiale est donc possible.

Considérant des délais de l'étude (8 mois d'intervalle), des tests de recapture entre différents stades de vie d'un individu n'ont pu être menés, mais pourraient présenter un intérêt à être testé dans le futur, afin de pouvoir valider l'utilisation dans le temps de ce type de CMR à distance pour des populations nécessitant un suivi pluri-annuel.

Au regard du nombre important d'observations réalisées (2508) et des 319 individus marqués au cours des deux lots de suivis (avec des taux de recapture de 25 à 75%), la principale limite constatée sur le terrain pour l'utilisation de la CMR à distance par photo-identification reste l'accès visuel à la tête des individus dans un angle permettant l'utilisation d'I3S Pattern. En effet, dans le cas de l'espèce et des sites qui nous concernent, les hauteurs des individus observés témoignent de l'importance de cette limite pour des animaux qui sont régulièrement observés à plus de 6 à 7 m du sol, l'opérateur photo étant souvent situé en dessous de l'individu (exemple aux sites de La Poste et de La Savane). La furtivité et la sensibilité des animaux à l'approche peuvent également rendre la prise de cliché compliquée (exemple de Texaco ou de nombreux animaux fuyaient hors de vue même à de longues distances de l'observateur).

Malgré les proportions finalement peu élevées d'observations identifiées au sein des populations de sites concernés (14,2 à 22,6 % pour les 1694 observations en Initial et 12,1 à 34,6% des 814 observations Post-lutte), les taux de recapture obtenus grâce à la CMR à distance par photo-identification ont ainsi permis d'estimer la taille des populations au suivi Initial car les modèles sont conçus pour fonctionner sur de petits échantillons. Ainsi, la CMR par photo-identification peut être envisagée comme un outil adapté pour les espèces qu'il n'est pas possible de traiter en CMR "physique" classique pour des raisons de statut et/ou d'accessibilité. Le statut légal actuel du Iguane commun en tant qu'Espèce Exotique Envahissante ne permet en effet pas de mettre en œuvre des protocoles de CMR classique

sans procédure dérogatoire, son relâché dans le milieu étant interdit au titre des arrêtés ministériels du 08 Février 2018 et 07 Juillet 2020 relatifs à la prévention de l'introduction et de la propagation des espèces animales exotiques envahissantes sur le territoire de la Martinique. Par ailleurs, la furtivité ou la difficulté d'accès des individus sont également des freins importants au déploiement de méthodologie de CMR classique pour cette espèce.

Dynamique des populations

Les résultats des Close-Test pour le suivi Initial ont permis de caractériser des estimations de taille pour les populations des trois sites suivis, probablement sous-estimées au regard des pourcentages d'individus marqués (14,2 à 22,6% des observations). Toutefois, la mise en perspective des tailles de populations avec le nombre d'individus capturés en session de Lutte 2022 (Tableau 5) montre la limite du modèle utilisé pour Texaco (même si l'ensemble des 116 captures ont eu lieu dans un périmètre un peu plus large que la seule zone visuellement couverte par les transects), et d'autant plus si on y ajoute les 20 nouveaux individus marqués en suivi Post-lutte.

Tableau 5 - Modèles, tailles de populations estimées et impact de la lutte 2022 pour les 3 sites suivis

| Suivi Initial | Close-test | Modèle | Estimation population | Int. Confiance 95% | Nbre Individus collectés Lutte 22 |
|----------------------|--------------------|----------------------|------------------------------|---------------------------|--|
| La Poste | Population ouverte | Schumacher-Eschmeyer | 36 | 26 - 48 | 36 |
| La Savane | Population fermée | Schumacher-Eschmeyer | 77 | 56 - 136 | 20 |
| Texaco | Population fermée | Jolly Seber | 46 | 33 - 76 | 116 |

Pour le site de La Poste, les 75 individus nouvellement marqués en suivi Post-lutte sont cohérents avec une population ouverte, et les 8 individus déjà marqués en suivi Initial montrent une fidélité au site entre les 2 suivis. Pour La Savane, les 25 nouveaux individus marqués en Post-lutte pourraient avoir été non détectés ou non identifiés faute de clichés exploitables lors du suivi Initial.

En suivi Post-lutte, la diminution de moitié du nombre d'observations, malgré des pourcentages d'individus marqués similaires, et des taux de recapture plus faibles ont conduit à ne pas pouvoir estimer les tailles de population. Cette diminution du volume d'observations peut avoir plusieurs causes, comme une diminution de la détection des animaux ou un nombre réel d'animaux moins importants. En ce qui concerne la détection, la diminution pourrait par exemple être liée à une couverture végétale différente rendant la détection plus difficile. Le suivi Post-lutte ayant eu lieu en saison humide contre saison sèche pour le suivi Initial il est possible que la végétation ait été plus fournie. Il est également possible que les conditions météorologiques plus dégradées en Post-lutte aient conduit les animaux à moins se montrer. Un biais de détection, lié aux observateurs, pourrait également être pris en compte et l'importance de la formation des observateurs est donc primordiale. Par ailleurs, une réelle diminution du nombre d'individus sur les sites pourrait avoir eu lieu. Soit du fait de la nature finalement ouverte des populations concernées (biologie de l'espèce en lien avec les ressources du territoire, la gestion des territoires individuels, la reproduction, ...), soit en lien avec des paramètres externes non apparents, comme du dérangement causé par l'utilisation anthropique des sites concernés (exemple de la taille importante des arbres au site de La

Poste en suivi Post-lutte), soit encore grâce aux actions de lutte menées entre les deux suivis. Ces actions ont en effet permis de collecter et éliminer 172 individus en cumulés sur les 3 sites, et peuvent également avoir eu un potentiel impact de dérangement (même si les dernières captures sur ces sites sont intervenues 2 mois avant le suivi Post-lutte).

Devant la difficulté d'interprétation des résultats obtenus, il pourrait être intéressant de pousser plus en avant l'exploitation des données collectées, par exemple au travers de l'augmentation du nombre de sortie par suivis, l'utilisation de modèles statistiques différents, de méthodologies d'estimation de population complémentaires (Distance sampling, ...) ou encore le renouvellement des suivis à des périodes identiques (Janvier 2023 par exemple pour le suivi Initial) afin de réaliser une nouvelle CMR à des fins de comparaison annuelle plus robuste.

Observations et utilisation de l'espace

En ce qui concerne les données de positionnement horodatés des observations, il apparaît que la fréquentation journalière et horaire des trois sites suivis est différente, avec des quantités d'individus détectés non proportionnelles aux surfaces suivies, malgré une plage horaire générale plutôt commune en termes de quantité maximum d'individus observés : entre 10h et 16h pour les 3 sites. Il reste donc difficile de faire des recommandations généralistes sur l'utilisation horaire de l'espace par les individus. De même, l'utilisation du milieu, les hauteurs constatées et les comportements observés, varient dépendamment des sites.

Ainsi, les hauteurs des individus observés sont directement liées à la disponibilité des sites en supports, végétaux ou bâtis (Figures 12 à 14). Il apparaît que cette espèce particulièrement plastique dans sa capacité d'adaptation s'accommode autant d'un environnement fortement urbanisé (La Poste, La savane) que d'environnement artificialisé différemment (enrochement du bord de mer de Texaco ou encore supports et refuges offerts par les fortifications du Fort Saint-Louis). Par ailleurs, la modification de ces environnements conduit à la modification des usages des animaux (Figure 20). Ainsi la suppression d'un très gros mimosa sur Texaco a vraisemblablement contraint les Iguanes à utiliser différemment le milieu, peu d'observations ayant été réalisée à cet emplacement en suivi Post-lutte comparativement au suivi Initial. De même à La Poste, la taille de nombreux arbres au cours du suivi Post-lutte semble ainsi avoir eu une incidence sur le nombre d'Iguanes observés dans la zone concernée.

Il apparaît enfin qu'en présence de supports végétaux, les Iguanes communs utilisent préférentiellement certaines essences comme supports (Amandiers, Cha-cha, Ficus, Mimosa) par rapport aux autres essences présentes sur les sites. Ils sont régulièrement observés sur les strates les plus hautes de ces supports végétaux, dont les hauteurs à maturité s'échelonnent de 15 à 25m (Ternisien & LeBellec, 2002), en activité de repos, d'ensoleillement ou de déplacement.

En ce qui concerne les regroupements d'individus, ou clusters, les résultats géoréférencés des observations montrent une stabilité des emplacements ou des clusters qui ont été observés entre les suivis Initial et Post-lutte, avec toutefois des groupements moins fournis en nombre en suivi Post-lutte. Au regard de la biologie connue de l'espèce dans son aire de répartition actuelle, la présence de plusieurs individus vraisemblablement femelles auprès d'un mâle sexuellement actif en Janvier-Février 2022 est cohérent avec la saisonnalité de reproduction de l'espèce, l'accouplement ayant lieu en saison sèche et les éclosions en début de saison humide (Bock et Rand, 1989, Breuil, 2002). De même, des clusters moins fournis

en nombre d'individus et moins évidents en termes de composition sexuée en Septembre-Octobre 2022 est également cohérente avec le cycle supposé de l'espèce *Iguana iguana* aux Antilles Françaises.

En termes de détectabilité par contre, les proportions d'observations par classe d'âge ont été similaires dans leur globalité pour les trois sites en suivi Initial, les juvéniles étant toutefois absents des observations entre 9h30 et 14h pour Texaco et La Savane, mais observés tout au long des journées pour La Poste. En suivi Post-lutte, beaucoup plus de juvéniles ont été observés à La Poste et Texaco, ce qui est cohérent avec les données de reproduction constatés en Martinique, témoignant de la reproduction annuelle 2022 de la population du site, avec des éclosions possibles depuis mars 2022 (Breuil, 2002, Duporge, 2022). Il est possible que des proportions similaires de juvéniles ait été présentes pour les 2 autres sites, mais que la structure topographique des sites en ait rendu la détection plus difficile.

3. Recommandations envisageables en vue de l'amélioration des méthodes de lutte

Ainsi, la mise en perspective des résultats de cette étude pour trois sites précis avec la réalisation des actions de lutte contre l'Iguane commun sur la zone de l'agglomération de Fort-de-France pourrait conduire à explorer les thématiques suivantes pour envisager d'améliorer l'efficacité des actions anthropiques de lutte :

- Rechercher des solutions face au problème d'accès aux animaux : furtivité, hauteur, position au-dessus de l'eau, ...

Les causes de la furtivité des Iguanes à l'approche pourraient être explorées pour désensibiliser les animaux et faciliter l'approche des agents de capture. Il est possible qu'une faible fréquentation anthropique, ainsi que la présence de chiens errants prédatant les Iguanes et la forte disponibilité en caches expliquent cette furtivité pour Texaco par exemple.

En ce qui concerne la problématique des hauteurs constatées, ou de la position en surplomb de l'eau, il pourrait être intéressant de travailler sur la possibilité de faire réaliser des entretiens plus réguliers des espaces verts concernés par la présence des Iguanes communs, autant que la propriété des espaces concernés l'autorise. Le choix d'essences végétales au port moins élevé pour de futures aménagements dans des zones fortement impactées par la présence d'*Iguana iguana* pourrait également faciliter la gestion de cette espèce exotique envahissante. Enfin, la pose de manchons anti-Iguanes sur les troncs pourrait également être explorée pour empêcher les Iguanes communs de recoloniser les arbres desquels ils sont descendus. Etant une espèce poïkilotherme, les Iguanes communs utilisent toutefois régulièrement des terriers, en protection quotidienne toute l'année ou pour pondre en période de reproduction, et montent et descendent donc de leurs supports d'ensoleillement de façon régulière pour assurer la fourniture énergétique nécessaire à l'accomplissement de leurs besoins métaboliques.

Il pourrait également être envisagé d'agréer certains agents au tir des animaux inaccessibles. Dans cette optique éventuelle, le calibre et la puissance des armes adaptées à l'environnement et à l'espèce devraient être analysés, le cadre des tirs en sécurité autorisés

clairement défini, et l'agrément des agents légalement et conditionnellement encadré par les arrêtés et formation préalable *ad-hoc*.

- Recommandations horaires et dynamique spatiale au sein des sites : variable en fonction des sites donc difficile à dupliquer en systématique

Les axes de l'adaptation des horaires de lutte aux situations propres aux sites pourraient être envisagées. Ainsi, pour la Savane, les hauteurs les plus basses ont été constatées l'après-midi alors que des observations moins hautes étaient relevées plutôt en milieu de journée à La Poste. Les sites ne présentant pas clairement des similarités de présence ou d'accessibilité aux animaux aux mêmes horaires journaliers, cela témoigne de la nécessité d'étudier préalablement les sites à traiter pour bien percevoir l'utilisation horaire du milieu en vue d'optimiser les sessions de lutte, soit en constat direct sur le terrain, soit via les témoignages des résidents du secteur. Cette variabilité dans l'utilisation horaire du milieu par les Iguanes communs demanderait donc une plasticité plus importante des sessions de lutte pour s'adapter au cas par cas aux sites traités, pour autant que l'information des horaires de présence soit disponible.

En ce qui concerne le constat de clusters sur les sites étudiés, ils peuvent représenter des points focaux pour cibler les actions car ils concentrent en une surface réduite plus d'Iguanes qui peuvent potentiellement être capturés. Ces clusters sont malgré tout souvent constatés dans des arbres de grande hauteur et la problématique de l'accessibilité aux animaux est de nouveau rencontrée. Des solutions pour attirer les Iguanes à des hauteurs basses ou les empêcher de remonter dans les arbres pourraient améliorer les résultats de lutte par capture individuelle. Autrement, des études sur les mécanismes éthologiques de la constitution des clusters, ou des harems en période de reproduction, pourraient apporter des éléments pour l'exploration de pistes dans le domaine du piégeage au happeau.

- Valorisation de la caractérisation de la dynamique des populations

Les résultats encore partiels issus des premiers suivis de cette étude laissent entendre une plasticité des populations des sites étudiés, avec des natures variées, potentiellement fluctuantes et des degrés de fidélité variables. Seule une meilleure connaissance de ces dynamiques sur le long terme permettrait la mise en œuvre de l'évaluation temporelle des actions de lutte sur les sites concernés. La reproductibilité, l'engagement et la régularité des méthodologies choisies sont primordiales pour envisager la définition d'indicateurs fiables autres que le simple nombre d'Iguanes communs abattus par an sur ces sites. Les indicateurs envisagés doivent être définis en amont par les institutions commanditaires des suivis et les méthodologies (CMR photo, distance-sampling, spot-sampling, ...) doivent être protocolés et déployés sur un laps de temps suffisant à l'exploitation statistique des données collectées pour la définition des indicateurs choisis.

5. Bibliographie

Angin B. (2017) - Plan National d'Actions pour le rétablissement de l'Iguane des petites Antilles - *Iguana delicatissima* 2018-2023. Ardops Environnement, 63p.

Angin B. (2018) - Plan de lutte contre l'Iguane commun (*Iguana iguana*) aux Antilles françaises 2019-2023. ONCFS et Ardops Environnement, 71p.

Balandraud E., 2020 - Développement de la photo-identification pour le suivi de population de l'Iguane des Petites Antilles (*Iguana delicatissima*). Mémoire de Master1 – Université Jean Monnet.

Bock, B. C., & Rand, A. S., 1989. Factors influencing nesting synchrony and hatching success at a green iguana nesting aggregation in Panama. *Copeia*, 978-986.

Breuil, M., 2002. Histoire naturelle des Amphibiens et Reptiles terrestres de l'archipel Guadeloupéen : Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy : Basse-Terre, Grande-Terre et les îlets satellites, Marie-Galante, Les Saintes, la Désirade, les îles de la Petite Terre, Saint-Martin et les îlets satellites, Saint-Barthélemy et les îlets satellites. Paris, France : Muséum national d'histoire naturelle.

Duporge N., 2022. Compte-rendu des Journées de lutte massive Iguane Commun par prestataires privés. Du 03 Février au 16 Juin 2022 – Rapport DEAL Martinique, 15p.

Captures et éliminations d'Iguanes communs (*Iguana iguana*) à Fort-de-France et Schoelcher

Jurgen den Hartog & Renate Reijns (2016) - I3S PATTERN+, MANUAL - Interactive Individual Identification System, Version 4.1, 48p.

Legouez C., Maillard J-F., Arenales Del Campo V., Breuil M. (2009) - L'Iguane des Petites Antilles : une espèce menacée en Martinique Premières mesures de conservation - Faune sauvage 284 : 60.

Liebart M., Blot L., Feunteun A., Duporge N., Safi M. & Montgolfier (de) B. (2021) — Estimation de la population de Tortues vertes (*Chelonia mydas* (Linnaeus, 1758)) par photo-identification le long de la côte Caraïbe en Martinique. *Naturae*, 2021.

Liebart M., 2019. Photo-identification des Tortues Vertes (*Cheloni mydas*) et son application dans l'indice d'abondance ou de fidélité aux sites d'alimentation en Martinique. Thèse de Doctorat vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.

Speed C. W., Meekan, M. G., Bradshaw C. J. (2007) - Spot the match - wildlife photo-identification using information theory - *Frontiers in Zoology* 4: 11

Stanley, T.R., Burnham, K.P., 1999. A closure test for time-specific capture-recapture data.

Stanley, T.R., Richards, J.D., 2022. Close Test.

Ternisien, A., & Le Bellec, F. (2002). Mon jardin tropical. Ed. Orphie.

6. Annexes

Annexe 1 : Planning de réalisation des suivis CMR Photo-ID

| janv-22 | | févr-22 | |
|---------|---------|---------|---------------------|
| S 1 | | M 1 | 3d |
| D 2 | | M 2 | 2e |
| L 3 | | J 3 | Z'abricot 3e |
| M 4 | | V 4 | M 1f |
| M 5 | | S 5 | |
| J 6 | | D 6 | |
| V 7 | | L 7 | M |
| S 8 | | M 8 | 2f |
| D 9 | | M 9 | 3f |
| L 10 | | J 10 | Savane/DM |
| M 11 | 1a | V 11 | M |
| M 12 | Pose 2a | S 12 | |
| J 13 | 3a | D 13 | |
| V 14 | N+M 1b | L 14 | M |
| S 15 | | M 15 | |
| D 16 | | M 16 | |
| L 17 | N+M | J 17 | Volga/Thérèse |
| M 18 | 2b | V 18 | M |
| M 19 | 3b | S 19 | |
| J 20 | 1c | D 20 | |
| V 21 | N+M 2c | L 21 | Pose |
| S 22 | | M 22 | |
| D 23 | | M 23 | |
| L 24 | M | J 24 | Texaco Nord + Jaham |
| M 25 | 3c | V 25 | N+M |
| M 26 | 1d | S 26 | |
| J 27 | 2d | D 27 | |
| V 28 | M 3d | L 28 | N+M |
| S 29 | | | |
| D 30 | | | |
| L 31 | M | | |

Sites : 1 Texaco
2 La Savane
3 La Poste

Jours de suivis (a à f) : 6 suivis pour chaque site

