

Compte-rendu de mission

**ETUDE DE FAISABILITE DE  
L'UTILISATION DE L'OUTIL  
DRONE POUR LA LUTTE  
ANTI-BRACONNAGE**

Oulanga Na Nyamba

Juillet 2025

**2025**

## Table des matières

<b>I.</b>	<b>Contexte et objectifs.....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>Matériels utilisés.....</b>	<b>3</b>
<b>III.</b>	<b>Contraintes réglementaires.....</b>	<b>4</b>
1.	Vols nocturnes.....	4
2.	Zone aéroportuaire.....	5
3.	2025 - Évolution réglementaire.....	5
<b>IV.</b>	<b>Résultats des tests.....</b>	<b>6</b>
1.	Généralités.....	6
2.	Détections thermiques humaines.....	7
a.	Site de Poudjou.....	7
b.	Site de Papani.....	9
c.	Site de Majicavo (Saziley).....	10
d.	Site de Moya.....	14
e.	Site de Grande Saziley et Maoussi.....	15
f.	Site de NGouja.....	18
g.	Site de Sohoa.....	19
h.	Site d' Apundra.....	21
3.	Identification des personnes avec la vision nocturne.....	22
4.	Autres détections thermiques et vision nocturne.....	26
<b>V.</b>	<b>Synthèse.....</b>	<b>31</b>
<b>VI.</b>	<b>Perspectives d'évolutions.....</b>	<b>32</b>

## Liste des figures

<b>FIGURE 1 :</b>	<b>ZONES DE SURVOLS, DE GAUCHE A DROITE : APUNDRA, SOHOA, N'GOUJA ET SAZILEY.....</b>	<b>4</b>
<b>FIGURE 2 :</b>	<b>ZONES REGLEMENTEES DE SURVOL AU NIVEAU DE L'AEROPORT. DANS LA ZONE ROUGE LE VOL EST INTERDIT SANS AUTORISATION. DANS LA ZONE ROSE, LE VOL EST AUTORISE AVEC UN PLAFOND MAXIMUM DE 38 M ASL.....</b>	<b>5</b>
<b>FIGURE 3 :</b>	<b>PARAMETRES DE VOL VISIBLE SUR LA RADIOCOMMANDE.....</b>	<b>7</b>
<b>FIGURE 4 :</b>	<b>EN HAUT A GAUCHE : 3 PERSONNES MARCHANT SUR LA PLAGE A 86 M DU DRONE. EN HAUT A DROITE : GROUPE DE PERSONNE SUR LA PLAGE A 250 M DU DRONE. EN BAS A GAUCHE : PERSONNE TRES PEU PERCEPTIBLE SUR LA ROCHE A 200 M DU DRONE. EN BAS A DROITE : 3 SILHOUETTES VISIBLES A ENVIRON 450 M DU DRONE AVEC POSITION GPS DE LA SILHOUETTE ISOLEE. ....</b>	<b>8</b>
<b>FIGURE 5 :</b>	<b>A TERRE, LA DETECTION EST EGALEMENT TRES BONNE JUSQU'A 200 M ET AU-DELA. LA VEGETATION RESTE LA CONTRAINTE (A DROITE LA TROISIEME SILHOUETTE N'EST PAS VISIBLE DERRIERE LE BOSQUET). ....</b>	<b>9</b>
<b>FIGURE 6 :</b>	<b>CHAMP DE VISION POSSIBLE POUR LA PLAGE DE PAPANI. ....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURE 7 :</b>	<b>RELIEF DE LA POINTE SAZILEY. DES PERSONNES SONT VISIBLES DANS LE CARRE ROUGE (90 M ASL, DISTANCE INCONNUE). ....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURE 8 :</b>	<b>AGENTS PRESENTS EN HAUT DE PLAGE A ENVIRON 250 M DU DRONE.....</b>	<b>11</b>
<b>FIGURE 9 :</b>	<b>EN HAUT : DIFFERENTES DETECTIONS D'AGENTS SUR LA PLAGE. EN BAS, DETECTION DU TELEPILOTE SITUE A 400 M. ....</b>	<b>12</b>

FIGURE 10 : DETECTION EN BAS DES AGENTS DES NATURALISTES, EN HAUT SOUS LA VEGETATION DE L'EQUIPE DE SEA SHEPHERD. ....	13
FIGURE 11 : DETECTION D'UNE EQUIPE ELOIGNEE DANS LA VEGETATION. ....	13
FIGURE 12 : A GAUCHE : DETECTIONS DE PERSONNES AU NIVEAU DE L'ISTHME ENTRE LES DEUX PLAGES. A DROITE : DETECTION D'UN GROUPE DE PERSONNE SUR MOYA 1 DE PUIS MOYA 2. ....	14
FIGURE 13 : BENEVOLE DISSIMULE DANS LA VEGETATION A PROXIMITE DU PARKING. ....	15
FIGURE 14 : DE NOMBREUSES ROCHES PARASITENT LA LECTURE DE L'IMAGE THERMIQUE. ....	16
FIGURE 15 : LA VUE PARTAGEE PERMET DE VOIR L'UTILISATION DE LUMIERE ARTIFICIELLE PAR LES AGENTS LORSQUE LA DETECTION THERMIQUE EST COMPLEXE. ....	16
FIGURE 16 : A GAUCHE : DETECTION A 139 M ASL ET 182 M DU GROUPE DE PERSONNE. A DROITE : DETECTION SOUS LA CANOPEE A 40 M ASL ET 106 M DU GROUPE DE PERSONNE. ....	17
FIGURE 17 : DETECTION PROCHE ET LOINTAINE DE SILHOUETTES. ....	17
FIGURE 18 : A GAUCHE, ZONE D'INTERET ENTRE LES DEUX BAOBABS, A L'EST DE NGOUJA. A DROITE, ZONE DE FALAISE SANS INTERET A L'OUEST. ....	18
FIGURE 19 : A GAUCHE, DETECTION DE MULTIPLES SILHOUETTES LE LONG DE LA PLAGE. A DROITE, DETECTION D'UNE SILHOUETTE CACHEE DANS LA VEGETATION. ....	18
FIGURE 20 : SILHOUETTE DETECTABLE A 80 M DE DISTANCE (A GAUCHE) ET A 245M A (DROITE). ....	20
FIGURE 21 : PLAGE DE NYAMBA A MAREE HAUTE. ....	20
FIGURE 22 : PLAGE D'APUNDRA. ....	21
FIGURE 23 : DETECTION SUR LA PLAGE DE GRANDE SEYCHELLES (A GAUCHE) ET PETITE SEYCHELLES (A DROITE). ....	21
FIGURE 24 : DETECTIONS A TRAVERS LA VEGETATION. ....	22
FIGURE 25 : SILHOUETTES ET ACTIVITES CARACTERISABLES A 110 M. ....	23
FIGURE 26 : EN MOUVEMENT, LE FLOU DE MOUVEMENT NE PERMET PAS D'AVOIR DE DETAILS. ....	23
FIGURE 27 : EN STATIQUE IL EST POSSIBLE D'AVOIR DES DETAILS. EN HAUT, VISION NOCTURNE A POUJOU, DISTANCE 29 M. HAUTEUR 19 M ASL. EN BAS, A MOYA DISTANCE 24 M, HAUTEUR 19 M ASL. ....	24
FIGURE 28 : DETAILS VISIBLES SUR LE T-SHIRT D'UN GARDE DE MOYA A 41 M DE DISTANCE. ....	25
FIGURE 29 : VEHICULES VISIBLES SUR LE PARKING DE MOYA, DEPUIS LA PLAGE. ....	25
FIGURE 30 : A GAUCHE, LE BATEAU DU LAGON MAHORE A NGOUJA, A DROITE UNE PIROGUE A PLUS D'UN KILOMETRE DE DISTANCE DEVANT MLIHA. ....	26
FIGURE 31 : DETECTIONS DE DEUX PIROGUES A DIFFERENTES DISTANCES ET ALTITUDE (SAZILEY). ....	26
FIGURE 32 : PIROGUE DETECTABLE EN MER ET SUR LA PLAGE. ....	26
FIGURE 33 : LES POINTS BLANCS SONT DES RONGEURS DETECTES EN THERMIQUE. ....	27
FIGURE 34 : CIVETTE DESCENDANT UNE BRANCHE DETECTEE EN THERMIQUE. ....	28
FIGURE 35 : HERON OBSERVE A MOYA. ....	28
FIGURE 36 : TORTUE EN PHASE DE MONTEE A LA VERTICALE ET EN OBLIQUE A UNE DISTANCE DE 160 M. ....	29
FIGURE 37 : TORTUE DE PRES EN CAVITE CORPORELLE (A GAUCHE) ET EN PONTE (A DROITE). ....	30
FIGURE 38 : TRACES DE MONTEES DE TORTUES A 20 M DE DISTANCE. ....	30
FIGURE 39 : VEHICULES ARRIVANT A MOYA, LE SECOND VEHICULE EST CACHE PAR LA VEGETATION, ON VISUALISE CEPENDANT BIEN SA LUMIERE (A NOTER QUE LA LUMIERE EST TOUT DE MEME ORIENTEE VERS LE DRONE). ....	33
FIGURE 40 : QUATRE PERSONNES CORRECTEMENT DETECTEES PAR L'IA EN VISION NOCTURNE A 120 M ET 48 M. ....	34

# I. Contexte et objectifs

Oulanga Na Nyamba a souhaité tester la faisabilité de l'utilisation de l'outil drone pour la lutte contre le braconnage des tortues à Mayotte. Pour ce faire, plusieurs vols ont été réalisés sur différents sites clefs de l'île pour identifier les possibilités, contraintes, limites et perspectives d'évolution de cet outil.

Ce document présente une synthèse des différents vols effectués. Ce projet est financé par l'Office Français de la Biodiversité et TeMeUm.

# II. Matériels utilisés

Deux drones ont été utilisés pour ces tests :

- Le DJI Mavic 3T (vols S2)
- Le DJI Matrice 4T (vols S1)



A noter que certains drones sur le marché sont plus performants en termes de capteurs, il s'agit cependant de drone plus encombrants (donc plus détectable) et avec des batteries beaucoup plus grosses et lourdes (transport sur site plus contraignant).

Les capacités thermiques restent relativement similaires sur les deux drones. Le 4T embarque en supplément un télémètre laser et une vision nocturne.

Les différentes caractéristiques des drones et capteurs peuvent être retrouvées ici :

- <https://enterprise.dji.com/fr/mavic-3-enterprise/specs>
- <https://enterprise.dji.com/fr/matrice-4-series/specs>

Les drones disposent de 3 modes de vol : Trépied, Normal et Sport. Les modes Normal et Sport sont utilisés pour parcourir de grandes zones rapidement (Sport plus énergivore), le mode Trépied est utilisé pour des approches furtives.

## III. Contraintes réglementaires

Les vols ont été effectués dans le cadre des scénarios standards français. Ces scénarios standards s'arrêtent en 2025 pour laisser place aux scénarios standards européens (phase de transition en cours).

Les scénarios de jours sont les suivants :

- S1 : vol à vue (200 m du télépilote maximum), hauteur 120m au-dessus du sol.
- S2 : vol hors vue (jusqu'à 1 km du télépilote), hauteur 120m au-dessus du sol.

### 1. Vols nocturnes

Concernant les vols nocturnes, les télépilotes de loisirs n'ont pas le droit de voler de nuit. Les télépilotes professionnels ont le droit de voler en scénario S1 avec un plafond max de 50 m au-dessus du sol.

Pour voler en S2 de nuit (1km de distance, 120 m de hauteur), il est nécessaire de demander une dérogation auprès de la DSAC-OI (Direction de l'aviation civile océan Indien, [ag.dsac-oi-bf@aviation-civile.gouv.fr](mailto:ag.dsac-oi-bf@aviation-civile.gouv.fr)), 1 à 2 mois avant la mission (annoncé minimum 30 jours avant, mais selon plan de charge de la DSAC, peut être plus long). L'arrêté n°2025-CAB-360 autorisait les vols en S2 pour toute la durée de la mission.

De plus, il a été demandé de déclarer des NOTAM (Notice To AirMen) afin d'informer le trafic aérien de ces survols. Les demandes ont été rapidement obtenues (1 semaine) auprès de la DSAC (autre service, [ana.dsacoi@aviation-civile.gouv.fr](mailto:ana.dsacoi@aviation-civile.gouv.fr)).

Enfin les zones de survols doivent être sécurisées. Aucun tiers ne doit pénétrer dans les zones définies. Il n'y a donc pas eu d'autorisations pour survoler les zones terrestres.

Les zones de survols soumises à dérogations pour ce projet sont les suivantes.



Figure 1 : Zones de survols, de gauche à droite : Apundra, Sohoa, N'gouja et Saziley.

## 2. Zone aéroportuaire

Pour la zone de Petite Terre, une contrainte réglementaire s'ajoute en raison de la présence de l'aéroport. La DSAC n'a pas pu délivrer d'autorisation de vol pour cette zone en l'absence de l'accord du gestionnaire de l'aéroport (EDEIS). En effet, en l'absence de Air Traffic Control (ATC surveillance aérienne) nocturne, EDEIS ne peut autoriser les vols drones en dehors des scénarios autorisés. A noter qu'un ATC est tout de même présent en début de nuit jusqu'au décollage du dernier vol commercial, s'il n'y a pas de vol commercial, l'ATC s'arrête 20' après le coucher du soleil.

Plusieurs zones sont définies autour de l'aéroport avec des plafonds de vols en fonction de la distance à la piste (Figure 2). Ainsi, sans autorisation particulière :

- Le vol est interdit dans la zone la plus proche de l'aéroport
- Le vol en S1 avec un plafond de 38 m ASL (Above Sea Level) max est possible dans la zone rose.

Avec ces contraintes, les plages de Titi Moya (zone rouge), Papani et roche fendue (falaise plus haute que 38m) ne sont pas possibles de survol sauf si décollage de la plage pour les deux dernières.



Figure 2 : Zones réglementées de survol au niveau de l'aéroport. Dans la zone rouge le vol est interdit sans autorisation. Dans la zone rose, le vol est autorisé avec un plafond maximum de 38 m ASL.

## 3. 2025 - Évolution réglementaire

A partir du 1<sup>er</sup> janvier 2025, seuls les scénarios européens seront autorisés. Il y aura le scénario STS-01 (vol à vue) et le STS-02 (vol hors vue) toujours avec les mêmes plafonds de vols (120m

et distance max de 1 km). Une dérogation pour vol hors vue nocturne sera toujours à prévoir, et la réglementation relative à l'aéroport sera toujours la même.

Il sera cependant possible de survoler les zones terrestres dans un périmètre de 1 km, la pénétration de tiers dans la zone de survol étant tolérée. Cependant, les vols hors vue ne peuvent être réalisés qu'avec des drones classés C6. A ce jour, il n'existe que très peu de drone certifié C6 sur le marché (des demandes sont en cours auprès de l'Europe). Les drones de Mokarran Consultant ne sont pour l'instant classés que C2 (possible d'être C5 avec l'achat d'un kit, budget environ 1500 euros).

A noter, que dans le cadre de mission de police, toutes ces contraintes réglementaires peuvent potentiellement être levées dans certaines limites. Cela doit être précisé avec les services de Police. Également, il est possible de déposer un dossier SORA auprès de la DSAC pour être autorisé à voler plus haut, plus loin. Cependant, ce dossier est extrêmement complexe à monter, une évaluation du risque doit être réalisée pour chaque type de vol, zone de vol, drone utilisé, ... pour le trafic aérien, les tiers, ... Il faut compter une dizaine de jours pleins pour monter le dossier sans aucune certitude d'obtention des autorisations.

## IV. Résultats des tests

### 1. Généralités

Les tests de furtivité ont globalement été réalisés à marée haute sauf pour les sites de Poudjou et Majicavo (Saziley). La furtivité dépend en grande partie de la hauteur de marée, du vent (force et direction) et du pilotage du drone. Pour approcher/prospecter furtivement, il est conseillé de passer en mode trépied/cinéma (mode de vol le moins bruyant). Le reste du temps, à distance suffisamment importante, le mode normal peut être utilisé pour prospecter plus rapidement.

A noter que l'utilisation du haut-parleur et/ou de la LED verte perturbe le compas du drone et nécessite une recalibration (cela prend 30 secondes) si on l'installe puis qu'on l'enlève. Cela peut être contraignant si besoin de réactivité. Il vaut donc mieux installer le haut-parleur et la led verte au début, calibrer le compas une fois afin d'être tranquille pour l'ensemble des vols.

Il est important de noter que ces tests ont été effectués en hiver austral (juillet, saison sèche). Les températures ambiantes sont donc plus basses et présentent un meilleur contraste avec le sol et les individus qu'en été où le sol chauffe beaucoup plus durant la journée. La végétation est également moins dense à cette époque.

Les temps de vols moyens étaient d'environ 20-25 min pour les vols en S2 (1 km du télépilote) et de 30-35 min pour les vols en S1 (250 m max du télépilote) et permettait de garder

suffisamment de batterie pour atterrir confortablement. La présence du haut-parleur réduit l'autonomie des batteries (poids plus important, aérodynamisme réduit).

La prospection thermique se faisait en affichage white hot majoritairement (les corps les plus chauds sont en blanc). D'autres affichages ont été testés (rainbow, Iron red, ...) mais le White hot semble être celui où les corps chauds se repèrent le mieux.

Les images illustrant les résultats sont issues des captures d'écran de la radiocommande permettant d'afficher les paramètres de vols pour chaque image (Figure 1).

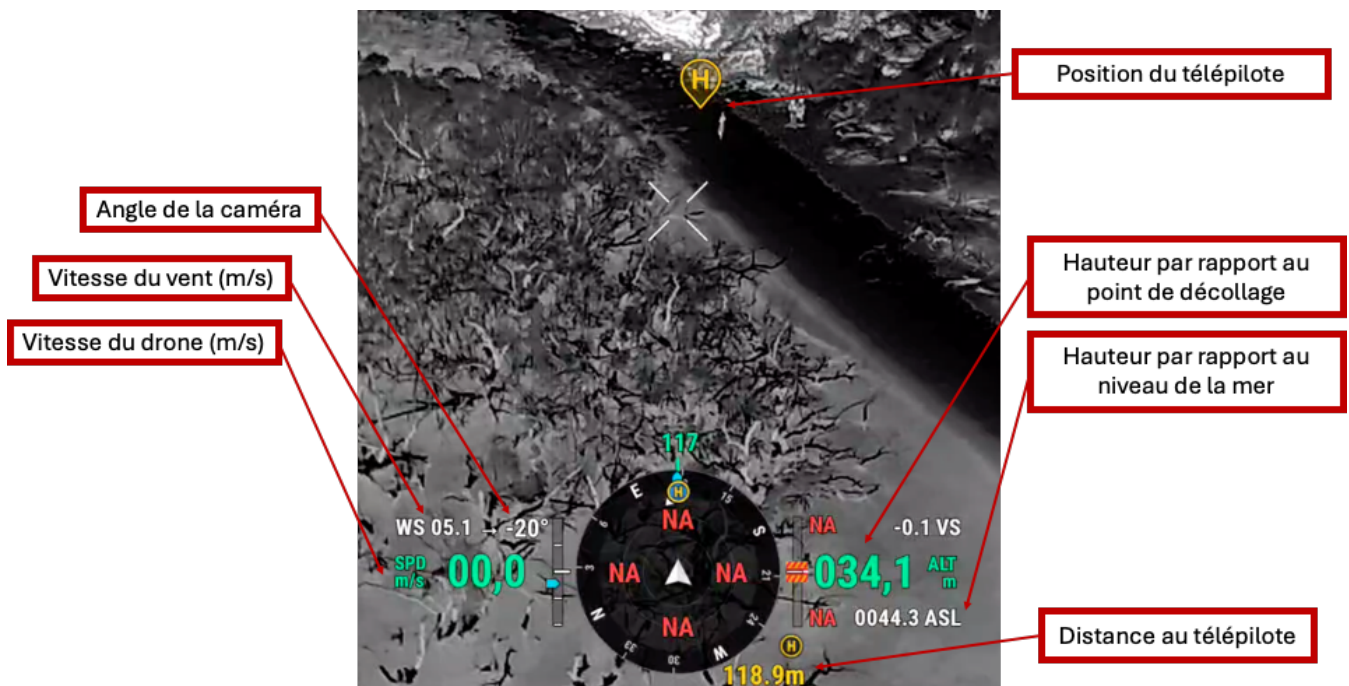


Figure 3 : Paramètres de vol visible sur la radiocommande.

## 2. Détections thermiques humaines

### a. Site de Poudjou

#### Contraintes du site

Il n'y a pas de contraintes de relief sur ce site. Les seules contraintes sont réglementaires (plafond 38 m ASL et distance max 200 m).

#### Détections

La détection thermique est efficace sur Poudjou. Il est possible de détecter des silhouettes/mouvement sur la plage jusqu'à 600 m maximum. Cependant, il est plus pertinent de prospecter la plage à une distance de 250 m maximum et 38 m ASL pour une bonne capacité

de détection. La détection sur les zones rocheuses/galets est nettement plus compliquée. La détection à terre est aussi possible à plus de 200 m avec la contrainte de la densité foliaire pouvant dissimuler les silhouettes.

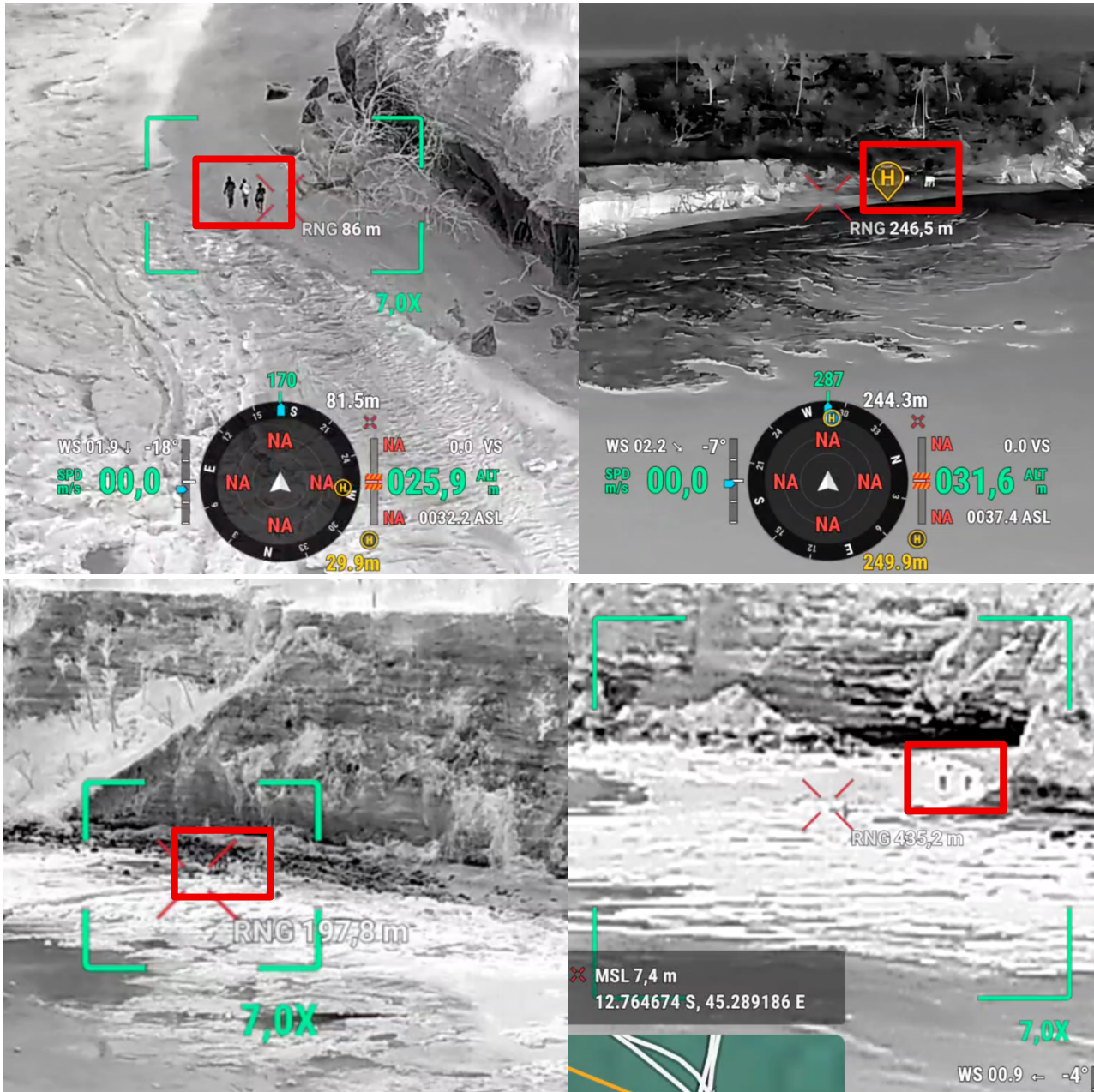


Figure 4 : En haut à gauche : 3 personnes marchant sur la plage à 86 m du drone. En haut à droite : Groupe de personne sur la plage à 250 m du drone. En bas à gauche : Personne très peu perceptible sur la roche à 200 m du drone. En bas à droite : 3 silhouettes visibles à environ 450 m du drone avec position GPS de la silhouette isolée.



Figure 5 : A terre, la détection est également très bonne jusqu'à 200 m et au-delà. La végétation reste la contrainte (à droite la troisième silhouette n'est pas visible derrière le bosquet).

## Furtivité et communication

Les tests ont été effectués à marée basse avec un vent à 2 m/s, soit des conditions particulièrement calmes. A 150 m le drone n'est plus détectable. En mode discret (mode T), drone détecté à partir de 100 m (à 38 m ASL).

### b. Site de Papani

#### Contraintes du site

Un test a été réalisé depuis la plage de la roche fendue pour déterminer la possibilité de couvrir la plage de Papani (impossibilité de décoller de la falaise à cause du plafond de 38 m ASL).

Voici la vue possible de la plage (uniquement la plage en longueur). La plage et la zone des falaises restent lointaines (supérieur à 400 m). Des silhouettes seraient très probablement détectables sur la plage, beaucoup plus difficilement sur la falaise).



Figure 6 : Champ de vision possible pour la plage de Papani.

## Détections

Pas de tests réalisés

## Furtivité et communication

Pas de tests réalisés

### c. Site de Majicavo (Saziley)

#### Contraintes du site

La pointe Saziley présente un relief diminuant la réception des ondes entre le drone et la RC. Il est possible d'observer les plages de l'autre côté en restant à 120 m, mais sans possibilité de descendre beaucoup pour observer de plus près.



Figure 7 : Relief de la pointe Saziley. Des personnes sont visibles dans le carré rouge (90 m ASL, distance inconnue).

## Détections

Des prospections à 120 m ASL ont été réalisées, ce qui permet d'avoir une bonne vue d'ensemble mais peut paraître un peu haut pour une bonne détection dans des conditions difficiles (couverture végétale importante, zone de roches/galets).

Les silhouettes sont très facilement identifiables sur la plage même de très loin, le sable présentant un substrat uniforme et froid comparé aux silhouettes. L'équipe présente dans la forêt était assez facilement visible à travers la végétation. Une équipe de Sea Shepherd a été détectée à 120 m ASL sous de la végétation en arrière-plage. Des pirogues ont également été détectées à environ 300 m du drone (120 m ASL).

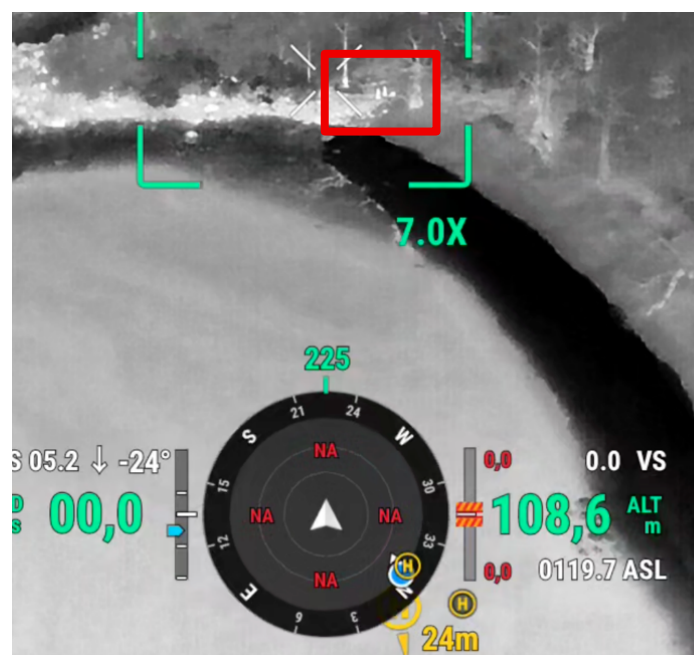


Figure 8 : Agents présents en haut de plage à environ 250 m du drone.

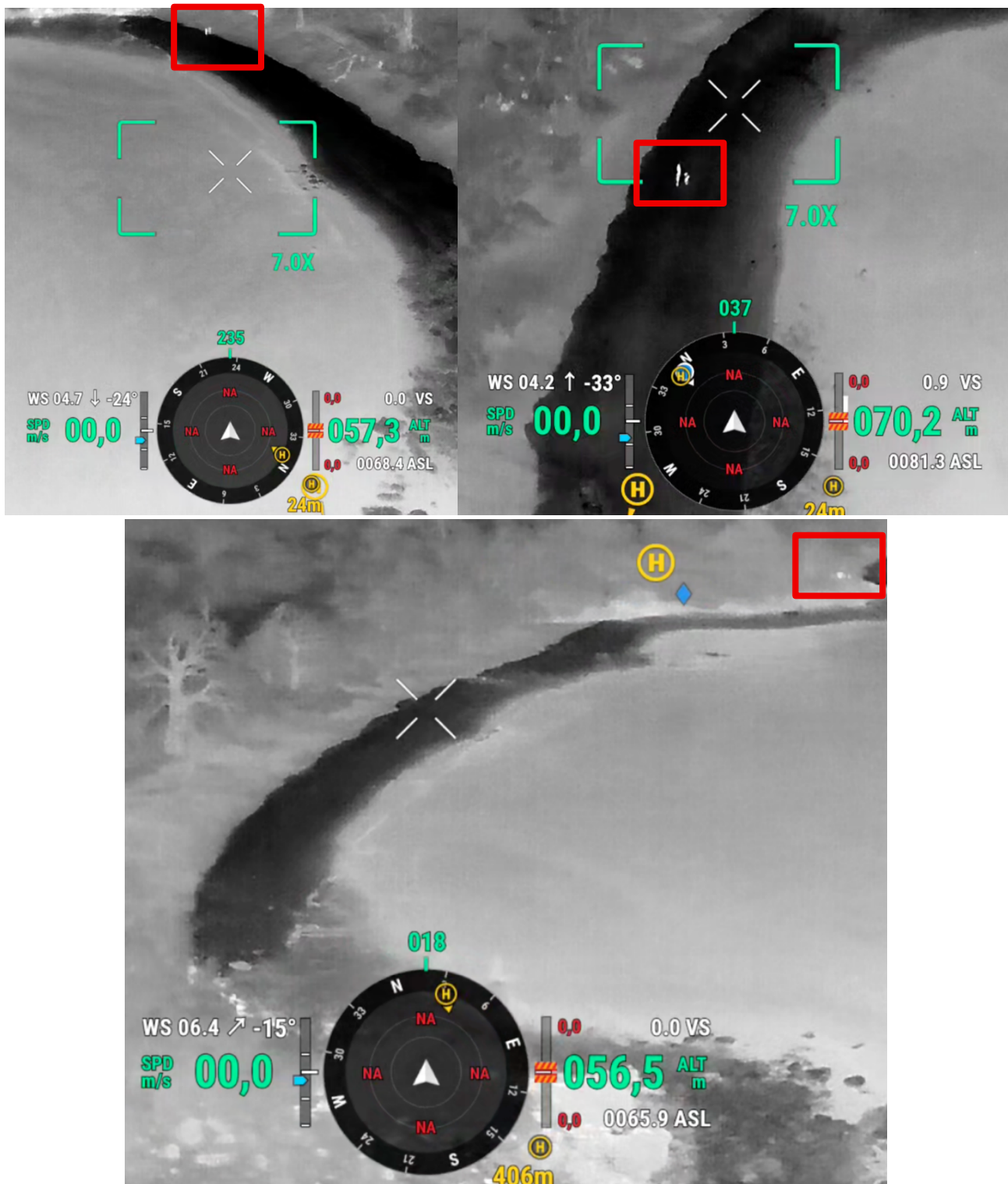


Figure 9 : En haut : différentes détections d'agents sur la plage. En bas, détection du télépilote situé à 400 m.

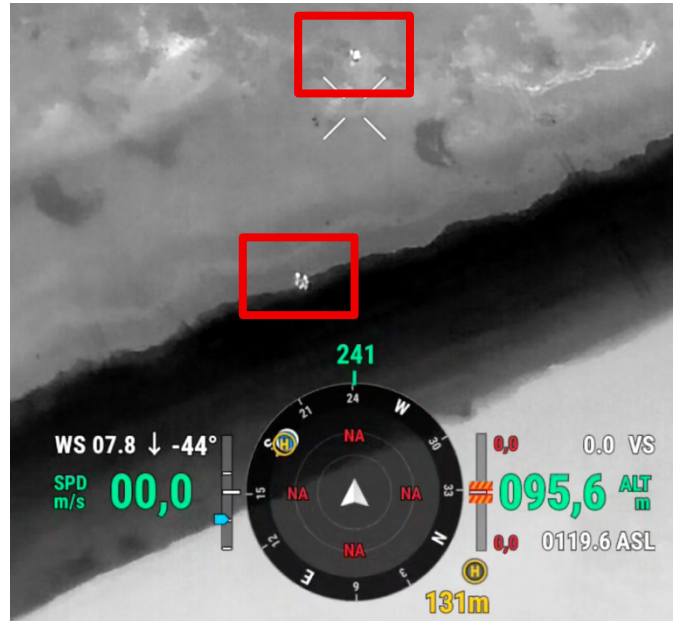


Figure 10 : Détection en bas des agents des Naturalistes, en haut sous la végétation de l'équipe de Sea Shepherd.

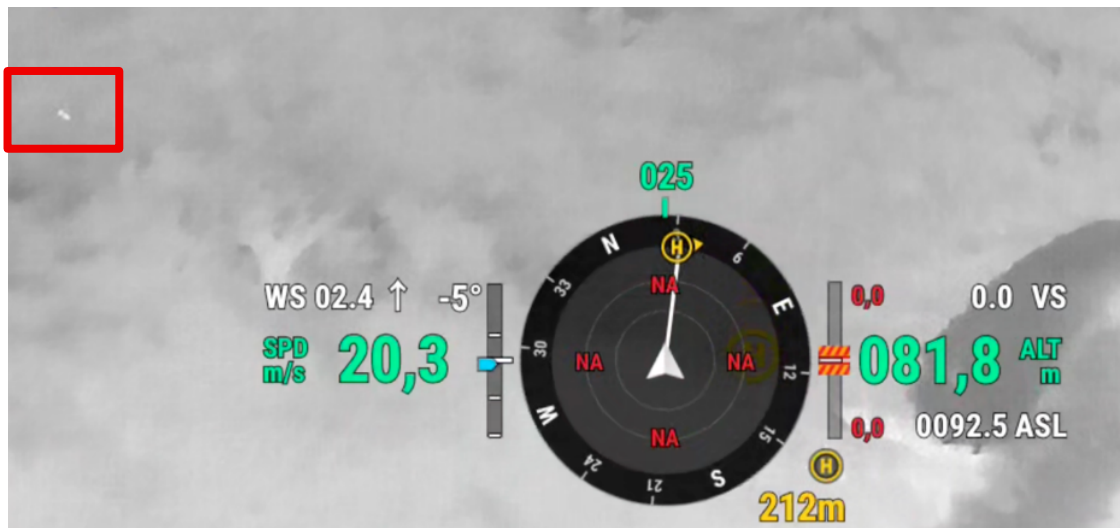


Figure 11 : Détection d'une équipe éloignée dans la végétation.

Il a également été possible de détecter des chats (ou civette) et un chien. Le chien a été effarouché à 65 m ASL.

### Furtivité et communication

A 45 m ASL et 100 m de distance, le drone n'était pas perceptible avec les vagues. A la verticale des agents, ils entendent le drone à 100 m ASL, mais plus à 150 m ASL en mode T.

A 80 m de distance, on entend le haut-parleur mais un peu léger. A 80 m ASL, ils entendent le haut-parleur mais sans comprendre le message, à 40-45 m ASL ils comprennent le message.

La LED verte du drone est visible d'assez loin lorsqu'on sait que le drone est là et qu'on le cherche.

## d. Site de Moya

### Contraintes du site

La péninsule représente un relief important. Celui-ci ne gêne pas la réception entre le drone et la RC, mais peut représenter un risque de collision lors du vol si l'environnement de vol proche n'est pas bien maîtrisé.

### Détections

Au niveau de la péninsule, la détection est plus compliquée du fait de la présence de roche. Ainsi à 120m du télépilote et 45 m ASL, il était difficile d'identifier le groupe autour du télépilote (cela restait cependant possible). La détection sur la plage se fait très bien.

Sur ce site, il a été possible de détecter des rats, chiens, hérons, roussette, chouette.



Figure 12 : A gauche : détections de personnes au niveau de l'isthme entre les deux plages. A droite : détection d'un groupe de personne sur Moya 1 de puis Moya 2.

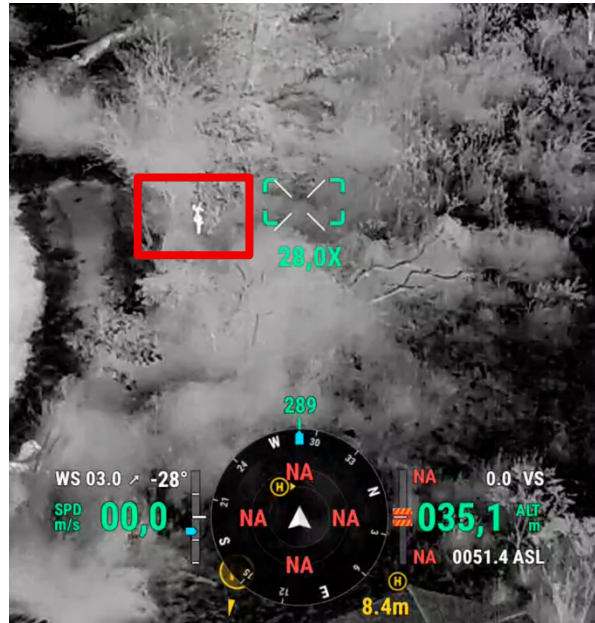


Figure 13 : Bénévole dissimulé dans la végétation à proximité du parking.

## Furtivité et communication

La furtivité a été testé sur un groupe de bénévoles non avertis des activités drones encadrés par deux salariés d'ONN avertis. Il semble qu'un des encadrants ai perçu le drone à une distance de 30 m et 20 m ASL. A noter que le drone à vision nocturne était utilisé lors de ce test, le faisceau NIR étant visible sous la forme d'un petit point rouge sur le drone.

A 18 m du groupe, le message était clairement compris avec le haut-parleur.

Concernant l'effarouchement des chiens, à 30 m au-dessus d'eux, il n'y avait aucune réaction.

## e. Site de Grande Saziley et Maoussi

### Contraintes du site

Le point de décollage était indiqué sur la pointe et permettait de couvrir toute la pointe et les plages de part et d'autre. Mais la zone n'est pas accessible, nous sommes donc partis de la grande plage de Saziley. Ce point de décollage ne permet pas de faire tout le tour de la pointe. De plus la communication avec la RC est très faible, mais c'est également dû au point de décollage en arrière-plage sous les arbres pour éviter un dérangement lumineux avec la RC et les nombreuses tortues présentes.

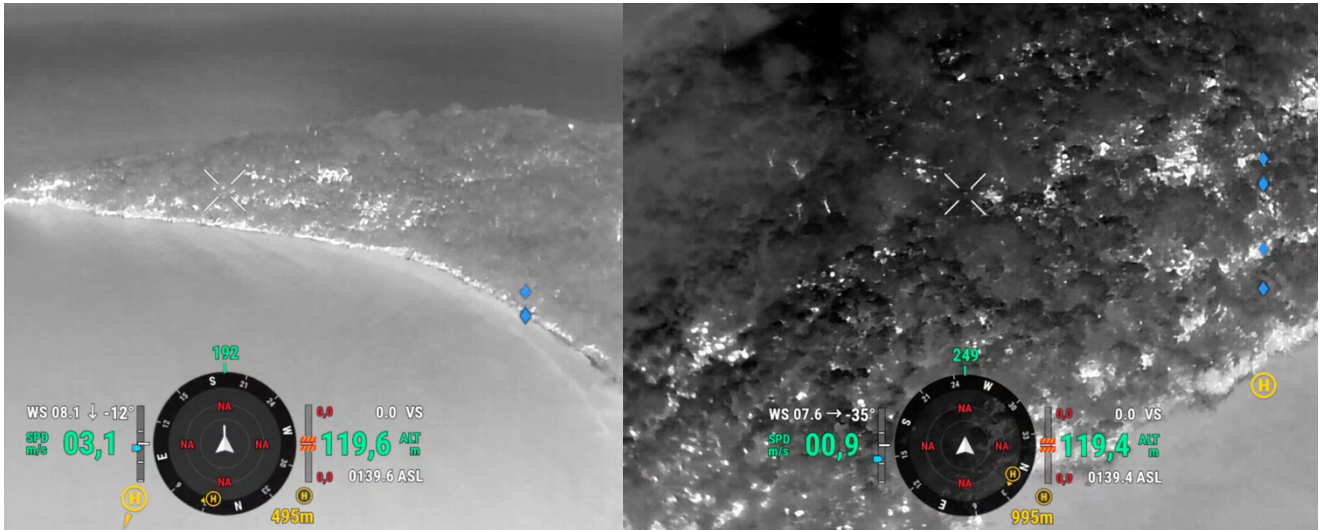


Figure 14 : De nombreuses roches parasitent la lecture de l'image thermique.

## Détections

Le secteur reste compliqué en termes de détection thermique. La végétation est importante et dense. Il y a également beaucoup de petites roches présentant une signature thermique importante et rendant difficile la détection de silhouette.

Une prospection à 100 m ASL et 100 m de la plage, semble un bon compromis pour prospecter l'arrière-plage et la plage. Un premier aller peut-être effectué de cette manière et le retour à une altitude beaucoup plus faible (15m ASL) permettant de voir sous la canopée dans les premiers mètres d'arrière-plage pour des individus qui auraient pu être manqués.

Une civette et des tortues ont pu être détectées.



Figure 15 : la vue partagée permet de voir l'utilisation de lumière artificielle par les agents lorsque la détection thermique est complexe.

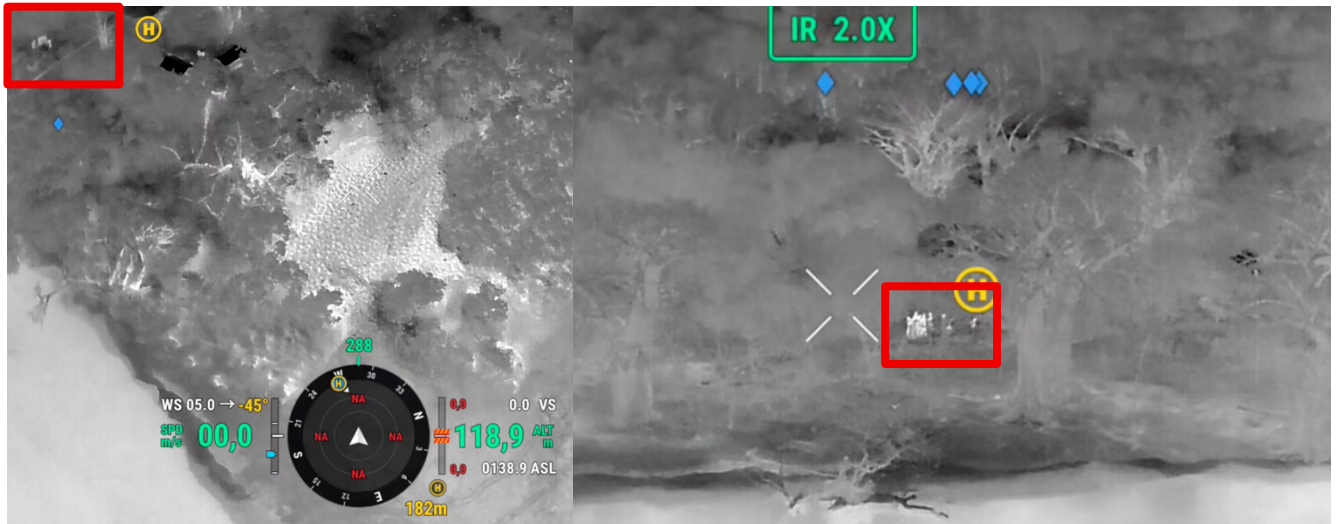


Figure 16 : A gauche : Détection à 139 m ASL et 182 m du groupe de personne. A droite : Détection sous la canopée à 40 m ASL et 106 m du groupe de personne.



Figure 17 : Détection proche et lointaine de silhouettes.

## Furtivité et communication

Le drone a été détecté dans les derniers mètres (15 m ASL au niveau des rochers, distance aux individus non définie). La marée était haute et les agents se trouvaient au niveau de rochers.

Concernant le haut-parleur, il était parfaitement perceptible à 25 m de distance et 16 m ASL. A cette distance, il est estimé qu'il est suffisamment distant pour être préservé des jets de pierre (en l'absence de lumière permettant de localiser le drone). Une vigilance doit être maintenue à ce sujet cependant.

## f. Site de NGouja

### Contraintes du site

L'intérêt du drone sur ce site est moindre car la zone est très petite. Il permet néanmoins d'accéder à la zone de découpe des tortues situées entre les deux baobabs couchés et difficile d'accès à pied et non sécurisé. Il n'est pas utile de couvrir la pointe à l'ouest qui ne présente que des falaises.



Figure 18 : A gauche, zone d'intérêt entre les deux baobabs, à l'est de Nguuja. A droite, zone de falaise sans intérêt à l'ouest.

### Détections

Le drone arrive à détecter des personnes en attente dans la végétation. La détection des silhouettes sur la plage est très facile. Le mouvement des personnes facilite nettement la détection.



Figure 19 : A gauche, détection de multiples silhouettes le long de la plage. A droite, détection d'une silhouette cachée dans la végétation.

## **Furtivité et communication**

Le drone a été détecté à 20 m ASL et 25 m de distance. La marée était haute.

Le haut-parleur était clairement compris à ce niveau. A 30 m ASL et 30 m de distance, le message était compris mais un peu juste.

### **g. Site de Sohoa**

#### **Contraintes du site**

Sur ce site, la végétation est très dense sur les hauts de falaise. Les accès sont partiellement coupés après CHIDO. Il est difficile d'accéder avec le drone plus loin que la plage de Nyamba depuis Nyamba Titi en raison du relief présent et de la coupure de réception entre le drone et la RC. Nyamba est très végétalisé et à marée haute la plage est très petite. Il faudrait pouvoir descendre le drone pour voir sous la canopée, mais la réception se perd avec la RC à cause du relief. Il est possible de prospecter Sohoa depuis Nyamba titi mais en restant en milieu de baie et assez haut pour une bonne réception.

Une seconde prospection a eu lieu avec le SD et il s'avère possible de prospecter Nyamba Titi facilement et proche depuis la plage de Sohoa. Il n'est pas possible d'aller sur Nyamba cependant (> 1000 m).

#### **Détections**

La détection sur la plage de Nyamba titi se fait bien. Si des silhouettes sont collées à la falaise, la détection est beaucoup moins évidente. De même, il n'a pas été possible de détecter les agents d'ONN et du collectif anti-braconnage retournant vers la plage de Sohoa (nombreuses roches parasitant la lecture). Il aurait fallu faire descendre le drone à faible altitude pour potentiellement voir les silhouettes se détacher du fond (non possible en termes de réception).

Une pirogue a été détecté sans problème à une distance de 100 m.

Une tortue a été détectée sur Nyamba sous la végétation.

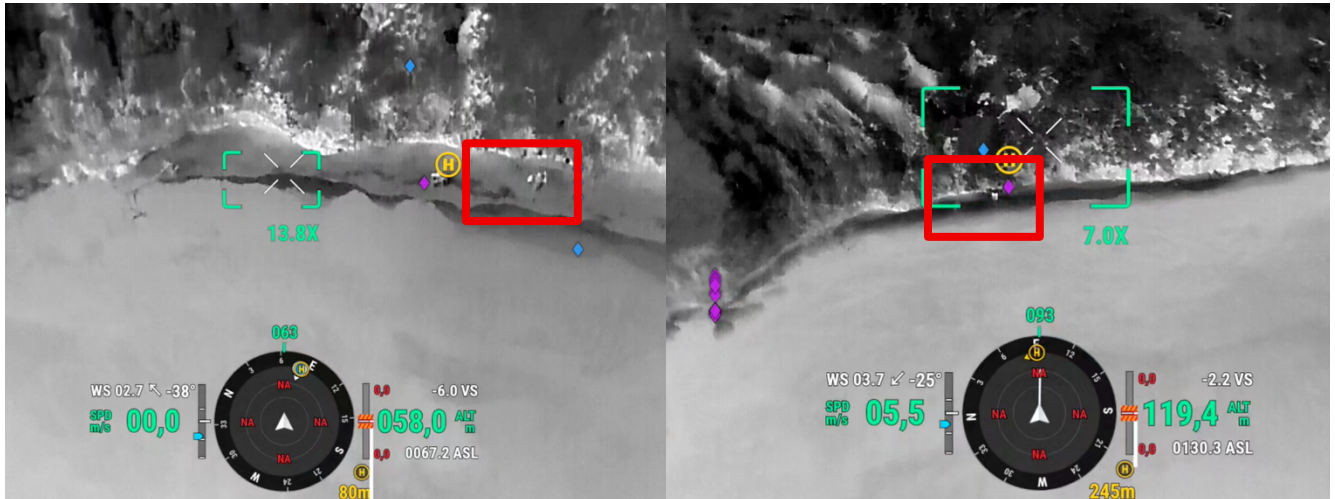


Figure 20 : Silhouette détectable à 80 m de distance (à gauche) et à 245m à (droite).



Figure 21 : Plage de nyamba à marée haute.

## Furtivité et communication

Il n'y a pas eu de test avec le haut-parleur. Le drone était très peu audible en raison de la marée haute.

Un test a été effectué avec le SD, il consiste à positionner le drone quelques mètres au-dessus de la plage, allumer le phare d'atterrissage du drone et faire quelques va et viens en mode sport, pour simuler la présence de personne sur la plage. A noter que des modèles de phares orientables existent et seraient plus pertinent à utiliser.

## h. Site d' Apundra

### Contraintes du site

En raison du relief, il n'est pas possible de se rapprocher de la plage d'Apundra. Elle est cependant visible de loin depuis Petite Seychelles. A noter que des silhouettes en mouvement seraient visible sur le sable à cette distance.



Figure 22 : Plage d'Apundra.

### Détections

La détection se fait très bien sur la plage et dans la végétation qui reste suffisamment peu dense pour suivre les individus.

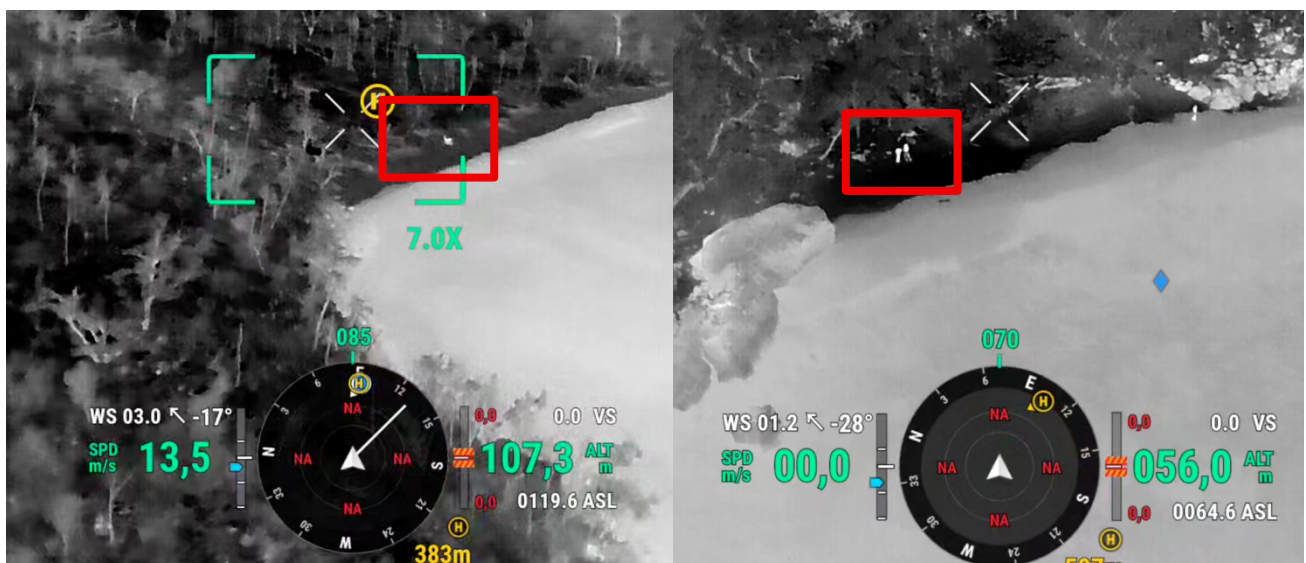


Figure 23 : Détection sur la plage de Grande Seychelles (à gauche) et Petite Seychelles (à droite).

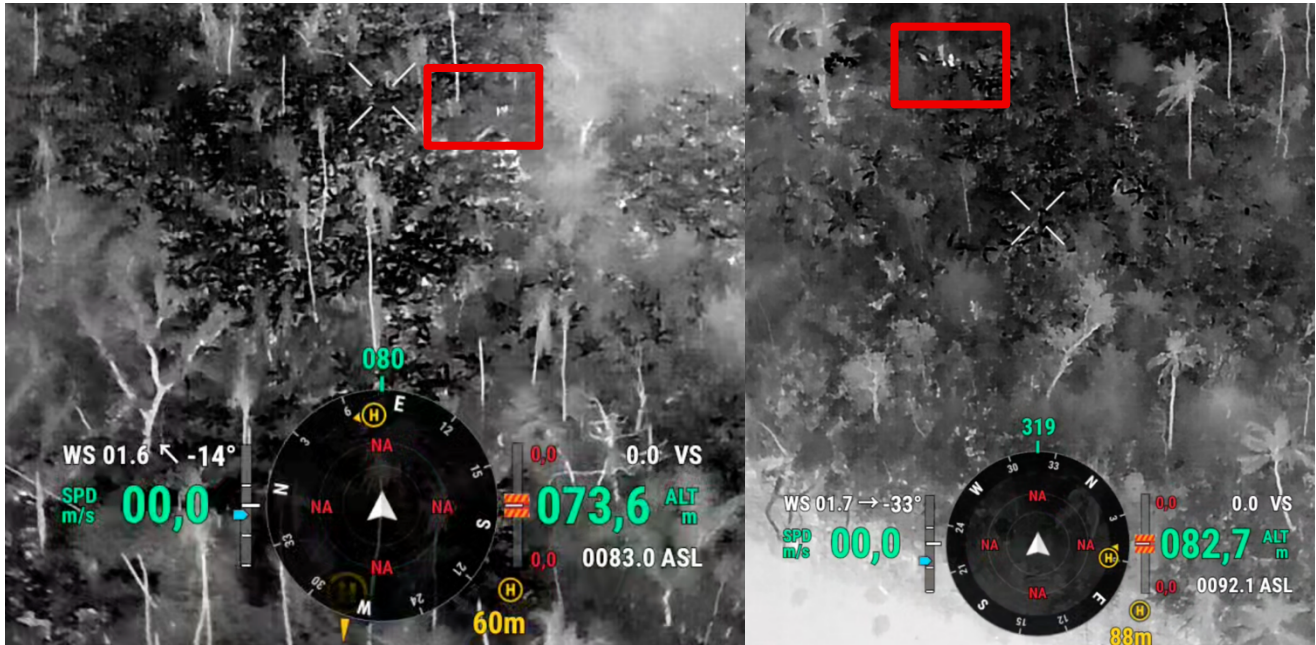


Figure 24 : Détections à travers la végétation.

### Furtivité et communication

A 25 m de distance, il n'était pas possible de détecter le drone (marée haute).

## 3. Identification des personnes avec la vision nocturne

Différents tests ont été réalisés en vision nocturne. La vision nocturne est pertinente pour détecter des silhouettes et mouvements jusqu'à 200 m. Cependant, pour la détection des visages, il s'avère que la distance maximum pour bien identifier les visages se trouve entre 35 et 40 m. On identifie des grosses écritures sur des t-shirts à 42 m.

Si le drone bouge trop ou les personnes, le flou de mouvement ne permet pas d'avoir de détails.

Dans ce mode, il est conseillé, une fois les personnes détectées en thermique et s'il est souhaité de se rapprocher, de passer le drone en mode SmartTrack et de sélectionner les individus pour que le drone maintienne automatiquement dans son champ de vision les individus tout en se rapprochant (orientation automatique de la nacelle et gestion automatique du zoom) en mode trépied.



Figure 25 : Silhouettes et activités caractérisables à 110 m.



Figure 26 : En mouvement, le flou de mouvement ne permet pas d'avoir de détails.



Figure 27 : En statique il est possible d'avoir des détails. En haut, vision nocturne à Poudjou, distance 29 m. Hauteur 19 m ASL. En bas, à Moya distance 24 m, hauteur 19 m ASL.

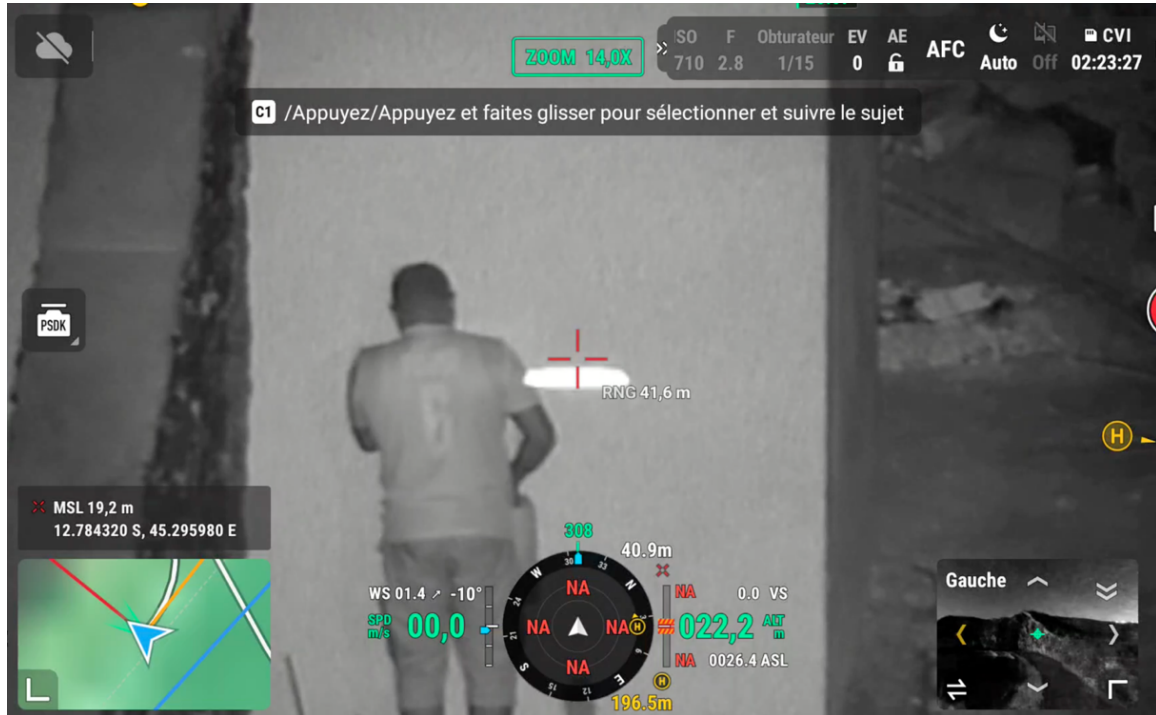


Figure 28 : Détails visibles sur le t-shirt d'un garde de Moya à 41 m de distance.



Figure 29 : Véhicules visibles sur le parking de Moya, depuis la plage.

## 4. Autres détections thermiques et vision nocturne

Lors de l'ensemble des prospections, des détections opportunistes ont pu être réalisées :

- Navires et pirogues



Figure 30 : A gauche, le bateau du Lagon Mahoré à Nguuja, à droite une pirogue à plus d'un kilomètre de distance devant Mliha.

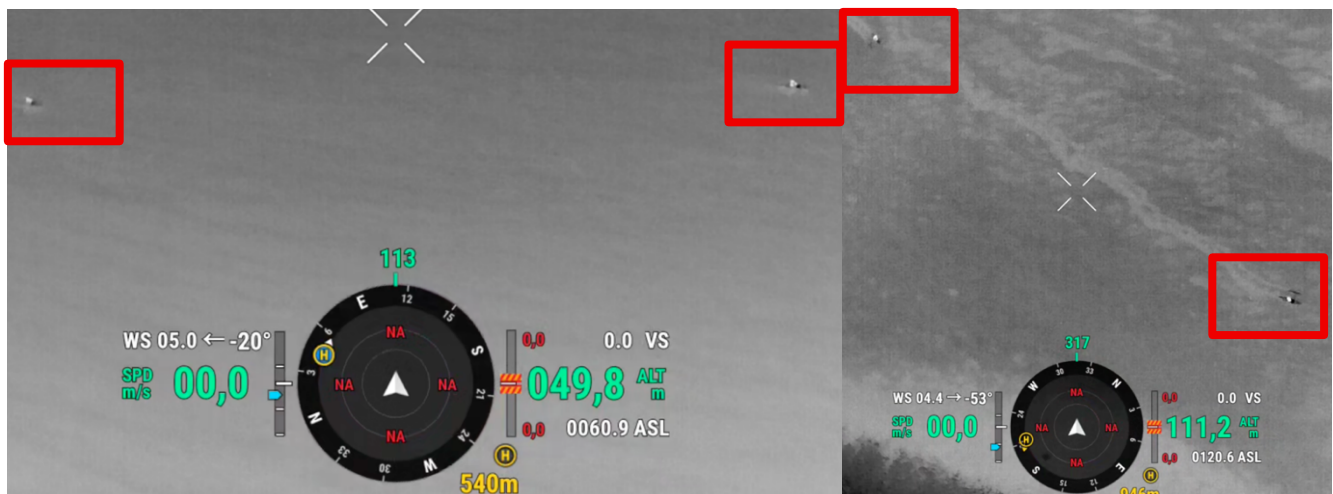


Figure 31 : Détections de deux pirogues à différentes distances et altitude (Saziley).



Figure 32 : Pirogue détectable en mer et sur la plage.

- Rongeurs

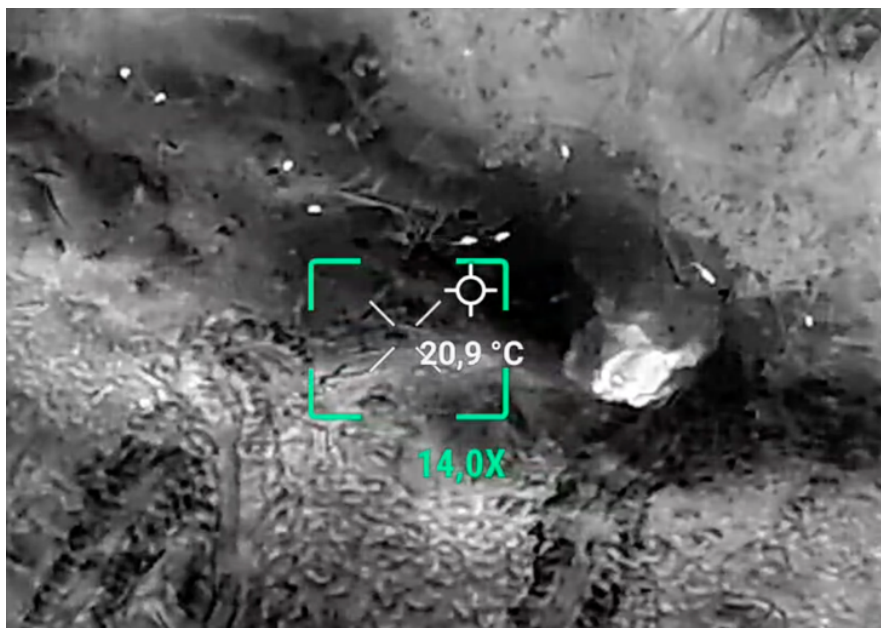
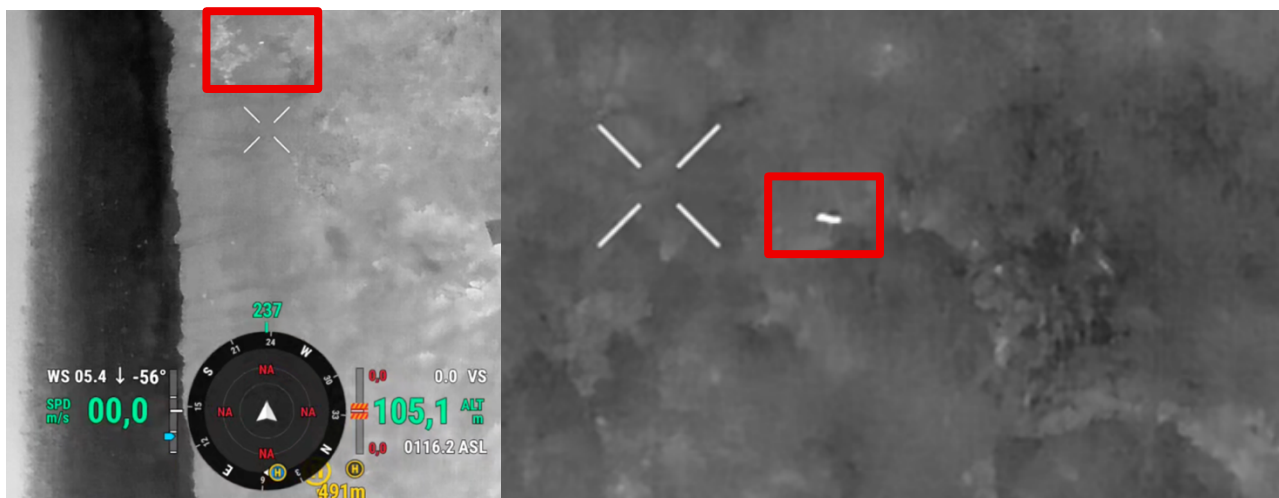


Figure 33 : les points blancs sont des rongeurs détectés en thermique.

- Chiens



- Chats



- Civette (Grande Saziley)

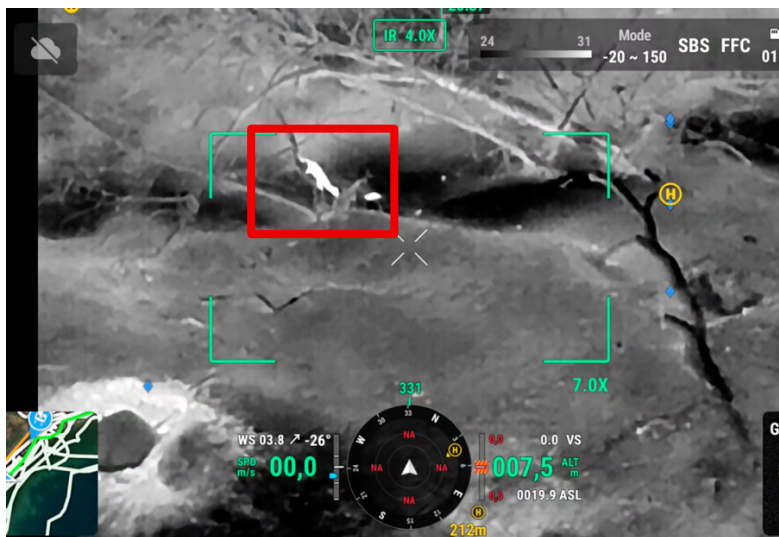


Figure 34 : Civette descendant une branche détectée en thermique.

- Avifaune (Héron)

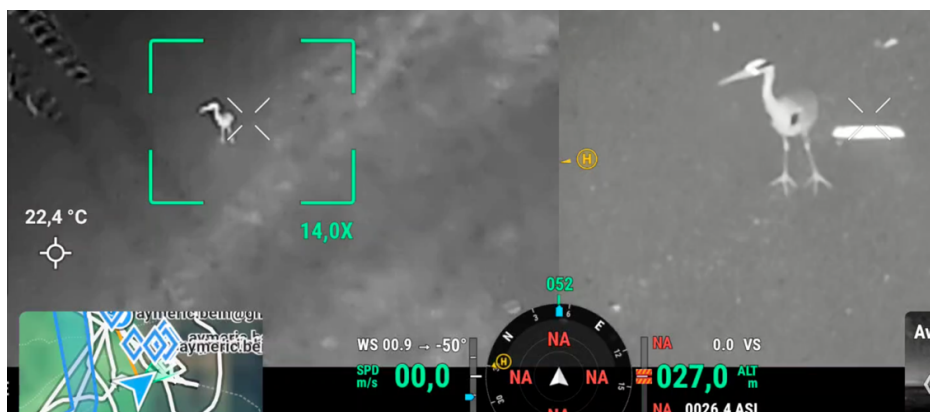


Figure 35 : Héron observé à Moya

- Tortues marines et traces de pontes (à noter qu'il ne semble pas y avoir de dérangement sonore par le drone, ni visuel par la lumière en proche infrarouge émise par la vision nocturne)

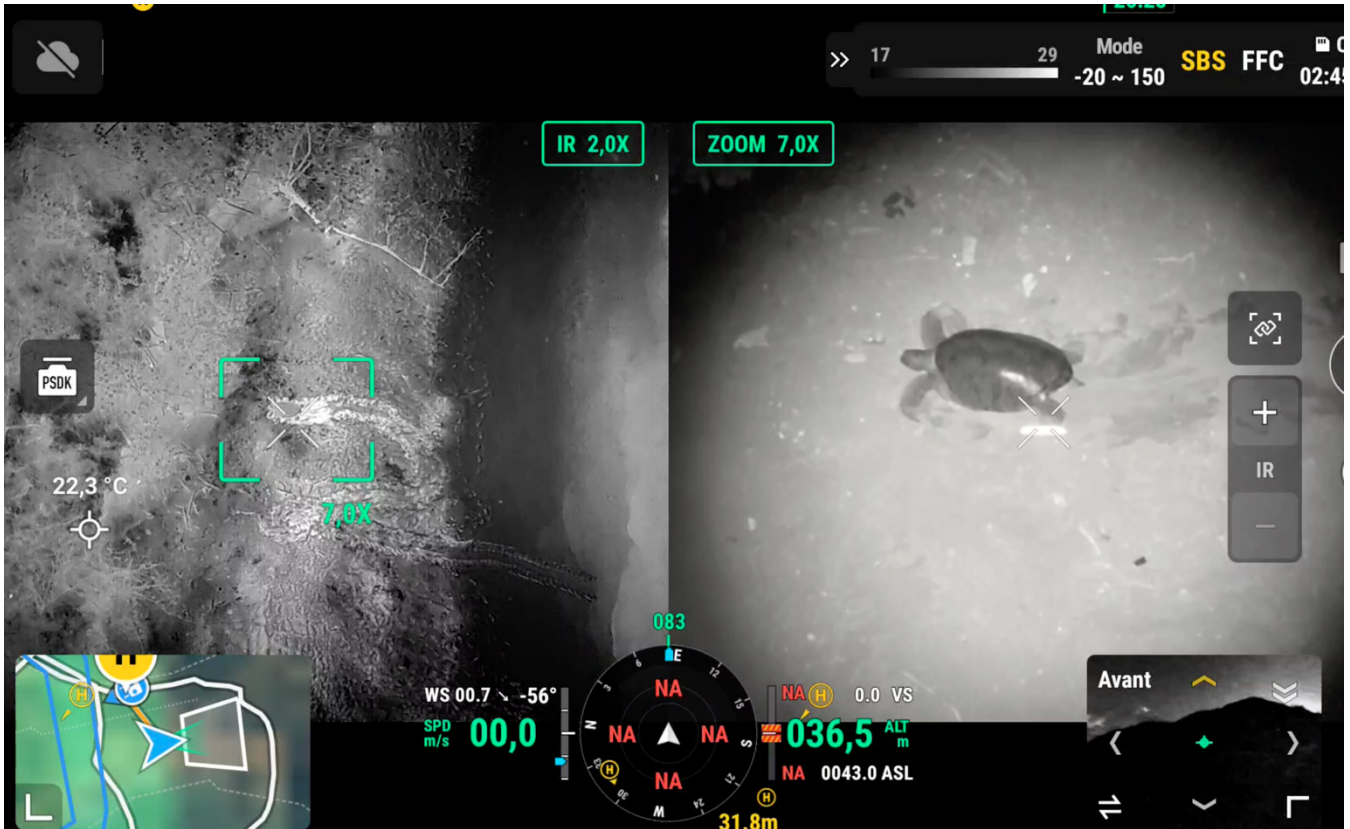


Figure 36 : Tortue en phase de montée à la verticale et en oblique à une distance de 160 m.

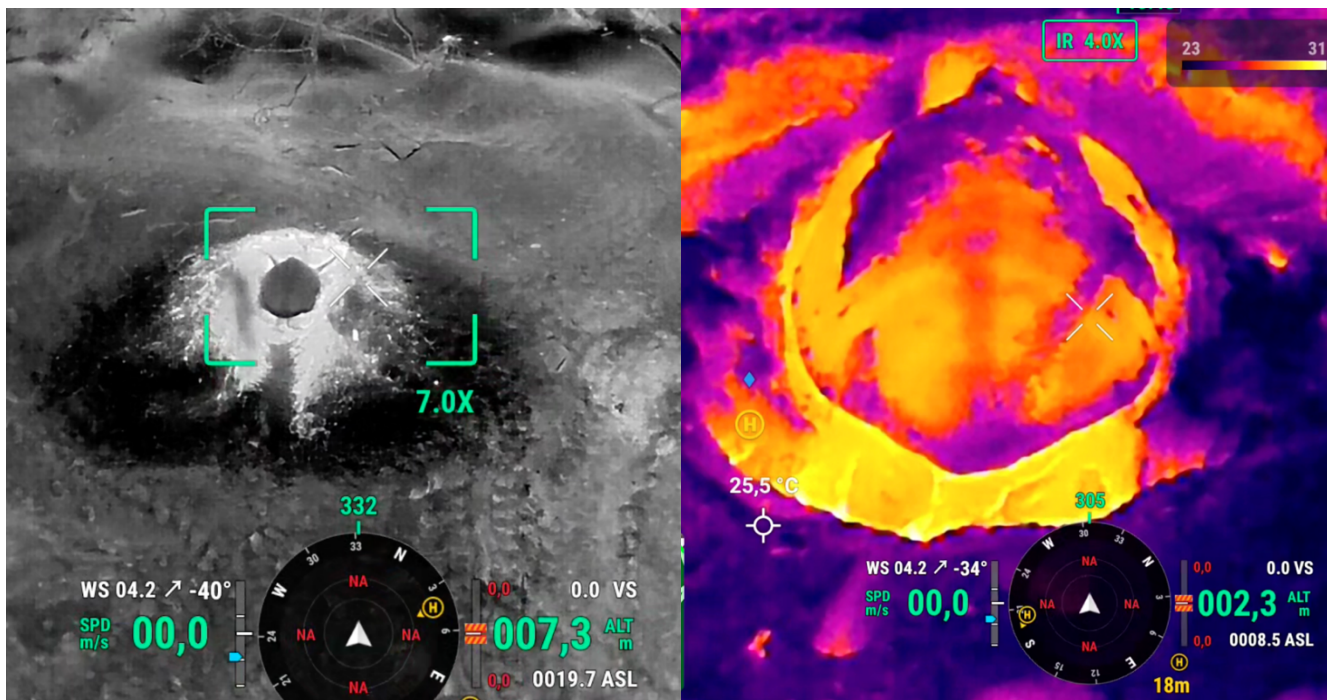


Figure 37 : Tortue de près en cavité corporelle (à gauche) et en pointe (à droite).

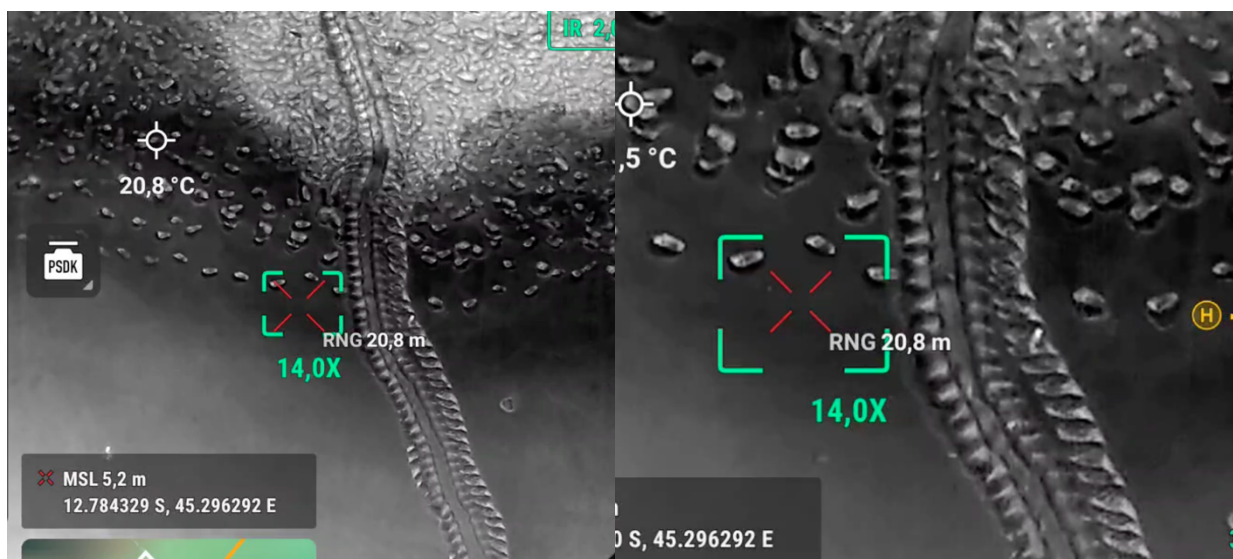


Figure 38 : Traces de montées de tortues à 20 m de distance.

## V. Synthèse

Ces différents tests indiquent que chaque site présente ses spécificités et ses contraintes et que les conditions environnementales sont à prendre en compte.

Pour résumer, concernant :

- La furtivité sonore du drone : elle est influencée par la force du vent, le stade de marée et le type de vol du drone. Dans des conditions calmes, le drone peut être entendu de loin. Pour optimiser la furtivité, le drone doit évoluer en mode Trépied/Cinéma (déplacement lent). **Ainsi, à marée basse et sans vent, il est conseillé de rester à une distance minimum de 100 m de la plage et 50 m ASL pour rester furtif. A marée haute (avec ou sans vent), il est possible de se rapprocher au maximum à 25 m d'une personne et 20 m ASL.**
- La furtivité visuelle du drone : réglementairement parlant, il est obligatoire d'avoir une lumière verte. A la verticale d'individus, il n'est pas possible de détecter cette lumière. Dès que le drone est décalé de quelques dizaines de mètres des personnes, la LED peut être visible à plusieurs centaines de mètres. Un point rouge est également visible avec la vision nocturne (faisceau NIR - Near InfraRed). Il est important de désactiver systématiquement la LED blanche d'aide à l'atterrissage qui se réactive à chaque changement de batterie. **Le drone reste tout de même très discret, particulièrement pour des personnes en activité de braconnage n'ayant pas conscience de sa présence.**
- La furtivité visuelle du télépilote : la RC émet forcément de la lumière. De plus, selon la réception RC/Drone, il peut être obligatoire d'aller sur la plage ou de changer d'orientation pour maintenir la réception. **Un système de cache sur la RC ou un tissu recouvrant le télépilote doit être envisagé pour une furtivité plus importante.**
- Les capacités de détection : celles-ci varient selon les profils de plage (couverture végétale plus ou moins importante, canopée plus ou moins dense, facies majoritairement rocheux ou sableux, ...) mais la détection est globalement possible sur toutes les plages. **Sur les parties terrestres, la détection à Grande Saziley/Maoussi semble très difficile. Globalement pour l'ensemble des plages, il est conseillé de prospecter à 60 m ASL et à 150 m de la plage pour avoir une vue suffisamment globale et permettre tout de même une bonne détection tout en gardant une certaine furtivité. Il est déconseillé de prospecter à plus de 250 m de la plage, au risque de manquer des détections.**
- Les capacités d'effarouchement : l'effarouchement a été ponctuellement testé sur des chiens. **Il est sans effet sur les chiens de Moya. Un chien vu à Saziley a par contre été très réactif avec le drone à 70 m ASL au-dessus de lui.**
- Les capacités de communication : le haut-parleur présent sur le drone a été testé. **Il semble pertinent de l'utiliser pour avertir les individus à une distance de 25 m et 20 m ASL. Plus proche, cela représente un risque pour le drone en cas de jet de pierre par exemple. Plus loin, le message peut être moins bien perçu (perçu tout de même à 40 m ASL à Majicavo.**

- Le dérangement du drone sur la faune : **il ne semble pas y avoir de dérangement sur la faune (sonore ou faisceau proche infrarouge)**. Ce point mériterait tout de même une étude scientifique avec un protocole rigoureux pour s'en assurer.
- La coordination des équipes : des tests ont été effectués avec une tablette numérique et l'utilisation de FlightHub2 de l'entreprise DJI qui permet via le réseau 3G/4G/5G d'afficher sur la tablette, la position du télépilote, la position du drone, la position de la tablette et un flux vidéo en direct de ce que le drone film. Il est également possible avec le Matrice 4T et son télémètre de pointer un objet ou individu (jusqu'à 1,8 km) et d'obtenir immédiatement sa position GPS sur le drone et sur la tablette. **L'outil est très pertinent pour la coordination des équipes notamment en cas de mission de police pour guider les agents. Cependant, la couverture réseau est bien souvent absente ou trop faible pour permettre l'utilisation de cet outil.**
- Les contraintes liées aux zones d'évolutions : les contraintes réglementaires et topographiques restreignent les zones de vols. Cependant, suite aux différents tests et aux perspectives d'évolutions proposées ci-après, **il est possible de repenser les points de décollage et les zones de survols pour s'adapter au mieux aux contraintes réglementaires et topographiques et permettre des prospections efficaces.**

Une vidéo de synthèse des tests sera disponible sur la chaine Youtube de Mokarran Consultant ([https://www.youtube.com/@mokarran\\_consultant](https://www.youtube.com/@mokarran_consultant)). Les vidéos sont beaucoup plus parlantes que les captures d'écrans présentés dans ce rapport et permettent d'avoir une bien meilleure idée des possibilités.

## VI. Perspectives d'évolutions

Les drones sont des outils révolutionnaires dans de nombreux domaines. Ce ne sont cependant pas des outils magiques et restent limités sur certains points. En perpétuelle évolution, tout comme la réglementation, il est important de voir les perspectives d'évolutions envisageables dès aujourd'hui et dans le futur pour lever les contraintes rencontrées.

Concernant la coordination des équipes sur le terrain, l'absence de réseau internet pourrait être palliée par 2 choses :

- le problème de la connexion réseau pourrait être levé par l'utilisation d'antenne portable Starlink permettant un accès réseau en tout point et ainsi la bonne utilisation de l'outil FlightHub 2. Ce type d'antenne existe déjà et devrait se démocratiser dans les prochaines années ([https://www.advanced-tracking.com/blogs/news/starlink-mini?srsId=AfmBOooaU8-1ehE\\_4JbbuOxDZ-ExMoq7LyrneOTJb\\_Pbx1\\_cs5B-a8Q](https://www.advanced-tracking.com/blogs/news/starlink-mini?srsId=AfmBOooaU8-1ehE_4JbbuOxDZ-ExMoq7LyrneOTJb_Pbx1_cs5B-a8Q)).
- les coordonnées GPS, d'un éventuel braconnier, acquises par le télémètre laser pourrait simplement être transmise par texto aux équipes chargées de leur appréhension.

Concernant les coupures de réception entre le drone et la RC, cela pourrait être pallier par :

- la présence d'un second télépilote à un point stratégique pouvant prendre le relais du pilotage du drone sur une seconde RC. Cela représente un cout et une certaine logistique.
- En optimisant les zones de survols et les points de décollages, en privilégiant des points hauts qui seraient moins affectés par le relief.

Concernant la limite réglementaire des 1 km de distance du télépilote, cela pourrait être pallier par :

- la présence d'un second télépilote à un point stratégique pouvant prendre le relais du pilotage du drone sur une seconde RC et permettant d'augmenter la distance de prospection à 2 km (selon configuration du site). Cela représente un cout et une certaine logistique.
- des missions avec les services de police permettant de lever les contraintes réglementaires de vol (cela doit être cependant précisé directement avec eux pour voir les possibilités)

Concernant les limites de détection :

- l'utilisation en simultanée de la vision thermique et de la vision classique ou nocturne permettrait de visualiser l'éventuelle utilisation de lumière par les braconniers lorsque la canopée est trop dense



Figure 39 : Véhicules arrivant à Moya, le second véhicule est caché par la végétation, on visualise cependant bien sa lumière (à noter que la lumière est tout de même orientée vers le drone).

Autres points pouvant améliorer l'utilisation de l'outil drone :

- l'utilisation d'un phare de recherche puissant et orientable permettant de suivre ou effrayer un individu (<https://www.youtube.com/watch?v=OIEeFrNEHmw>)
- l'utilisation de l'IA pour détecter plus facilement les silhouettes soit avec l'IA déjà entraînée par DJI soit en entraînant une spécifique plus optimisée pour la lutte anti-braconnage. La détection avec l'IA de DJI a été testée, elle fonctionne bien à une

distance de 120m. Les limites de la détection n'ont pas été testées. L'IA peut aussi prévoir la trajectoire d'objet en mouvement disparaissant temporairement derrière des obstacles à voir si cela serait utilisable dans le cas du braconnage (fonction surtout adaptée pour le suivi des voitures)



Figure 40 : Quatre personnes correctement détectées par l'IA en vision nocturne à 120 m et 48 m.

- Si les jets de pierre, s'avèrent un problème dans le futur, il est possible d'utiliser des protections d'hélice, ne protégeant pas totalement le drone mais pouvant limiter le risque de crash ([https://www.lacameraembarquee.fr/dji-matrice-4e-4t/17974-protection-d-helices-pour-dji-matrice-4-series-6941565994264.html?gad\\_source=1&gad\\_campaignid=11292933355&gclid=Cj0KCQjwhO3DBhDkARIsANxrhTpy8lQvG ktJIPsOzGM6ejpVV8ZUt8wXNo9faD aHy4Yp8b6k1FLYgaArGhEALw\\_wcB](https://www.lacameraembarquee.fr/dji-matrice-4e-4t/17974-protection-d-helices-pour-dji-matrice-4-series-6941565994264.html?gad_source=1&gad_campaignid=11292933355&gclid=Cj0KCQjwhO3DBhDkARIsANxrhTpy8lQvG ktJIPsOzGM6ejpVV8ZUt8wXNo9faD aHy4Yp8b6k1FLYgaArGhEALw_wcB))
- Planifier des vols automatiques : cela permet d'être plus efficace dans la prospection et plus sécuritaire pour le drone en prévoyant son trajet. Il permet de prospecter toute une zone forestière de façon exhaustive par exemple en effectuant des allers-retours à la vitesse et hauteur souhaitée. Le vol programmé peut être mis en pause si quelque chose est détecté afin de se rapprocher pour lever le doute ou suivre un individu.