



HAL
open science

GEPOG_SOTALIE_RR_20240715_CIAN

Lisa Ferré, Stéphane Chavin, Tristan Villepreux, Hervé Glotin

► **To cite this version:**

Lisa Ferré, Stéphane Chavin, Tristan Villepreux, Hervé Glotin. GEPOG_SOTALIE_RR_20240715_CIAN. Université de Toulon; GEPOG- Université des Antilles et de la Guyane. 2024. hal-04918738

HAL Id: hal-04918738

<https://hal.science/hal-04918738v1>

Submitted on 29 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

JUILLET 2024

CIAN_RR_20240715

PROJET GEPOG - SOTALIES de GUYANE

Auteurs : Lisa Ferré, Stéphane Chavin, Tristan Villepreux, Hervé Glotin

Université de Toulon, Aix Marseille Univ, CNRS, LIS, DYNI, Marseille, France

Centre Int. d'IA en Acoustique Naturelle, Toulon, France, <https://cian.univ-tln.fr>



Contacts

lisa.ferre@lis-lab.fr

stephane.chavin@lis-lab.fr

tristan.villepreux@lis-lab.fr

herve.glotin@lis-lab.fr

Références

Chavin S., Deloustal N., Glotin H. (2023). RR Suivi acoustique et identification temps-fréquence par transfert deep learning sur YOLO : gestion des chœurs.

Chavin S. et al. (2023), RR Analyse automatisée de la diversité acoustique, de la détection d'espèces aux indices bioacoustiques

Chavin S. et al. (2024) Spatio-temporal Evolution of the North Atlantic Humpback Whale Vocal Repertoire on the Breeding Grounds. (in submission to PLOS)

SOMMAIRE

P1 **Pt 1. Introduction**

P1 **Pt 2. Méthode**

Pt 3. Rythme journalier - cycle diurne et nocturne

P2 **Figure 1.** *Calendrier des détections journalières de vocalises de Sotalies obtenues avec Yolov5s sur les années 2021 et 2022*

Pt 4. Influence des marées

P3 **Figure 2.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de l'Île du Grand Connétable sur la période du 25 Septembre 2021 au 11 Décembre 2021*

P4 **Figure 3.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de Mahury sur la période du 22 Mai 2021 au 26 Juin 2021*

P5 **Figure 4.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de Mahury sur la période du 25 Septembre 2021 au 01 Novembre 2021*

P6 **Figure 5.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de Mahury sur la période du 11 Juin 2022 au 18 Juillet 2022*

P7 **Figure 6.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 26 Juin 2021 au 04 Août 2021*

P8 **Figure 7.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 25 Septembre 2021 au 31 Octobre 2021*

P9 **Figure 8.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 18 Décembre 2021 au 26 Janvier 2022*

P10 **Figure 9.** *Détections de vocalises de Sotalies comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 13 Août 2022 au 30 Septembre 2022*

P11 **Pt 5. Bilan des enregistrements 2021-2022 et perspectives**

Les dauphins de rivière, notamment les sotalies de Guyane (*Sotalia guianensis*), représentent un défi considérable pour les chercheurs en raison de leur comportement discret et de leur habitat complexe. L'étude de ces odontocètes, dont les habitudes de déplacement restent encore largement méconnues, nécessite des observations *in situ* approfondies pour déterminer leur répartition géographique. Dans ce contexte, l'acoustique passive se révèle être une méthode particulièrement prometteuse.

Cette technique repose sur le déploiement stratégique d'hydrophones, dispositifs permettant l'enregistrement continu des sons sous-marins sur de longues périodes. Les enregistrements obtenus facilitent l'analyse des périodes de présence et d'absence des sotalies dans différentes zones d'étude. Comme beaucoup d'odontocètes, les sotalies émettent une variété de sons, notamment des clics et des vocalises, dont certaines fréquences sont audibles par l'oreille humaine, tandis que d'autres ne le sont pas. Ces émissions acoustiques fournissent des données cruciales sur le comportement des sotalies, leurs interactions sociales et leur utilisation de l'environnement.

La détection et l'analyse de ces signaux acoustiques constituent la première étape essentielle pour élucider les habitudes journalières des sotalies, leur distribution géographique, ainsi que leurs modes de communication. Ce rapport de recherche présente les derniers résultats obtenus dans l'étude des sotalies de Guyane, mettant en lumière les avancées réalisées grâce à l'utilisation de l'acoustique passive pour mieux comprendre et protéger ces mammifères marins menacés.

MÉTHODE

Pour ce faire, trois stations d'enregistrement ont été installées par des spécialistes possédant une connaissance approfondie des zones d'intérêt. Des enregistrements acoustiques, confirmant la présence de vocalises de sotalies, ont été collectés. Ces enregistrements ont ensuite été annotés en temps et en fréquence à partir des spectrogrammes de 2 secondes. L'utilisation de la méthode d'annotation temps/fréquence permet d'améliorer la séparation des sources lorsqu'il y a plusieurs individus vocalisant simultanément et d'optimiser les résultats lors de la reconnaissance par apprentissage profond avec des réseaux de neurones.

En plaçant des boîtes autour de chaque vocalise, une base d'annotation a été construite pour entraîner un réseau de neurones. Dans cette étude, 323 vocalises ont été annotées sur 163 des 28 036 enregistrements collectés. Pour détecter les vocalises de sotalies, un modèle YOLOv5s pré-entraîné a été utilisé. Bien que généralement employé pour la détection d'objets dans des images, ce modèle a été adapté pour reconnaître la forme des vocalises dans un spectrogramme. Après entraînement, le modèle a obtenu des résultats satisfaisants sur le jeu de test, avec une précision (mAP@50) de 0,8, démontrant ainsi son efficacité pour la détection des vocalises de sotalies.

Parallèlement, les densités spectrales de puissance (DSP) ont été calculées sur les enregistrements de la base de données. Cette mesure permet d'évaluer le bruit ambiant autour des stations d'écoute, mettant en évidence des passages de bateaux ou d'autres bruits pouvant affecter la détection et perturber les animaux. Pour cette étude, les DSP ont été calculées sur des fenêtres de 10 secondes dans deux bandes de fréquences : 10 à 400 Hz et 6500 à 12500 Hz. En mesurant la puissance du signal dans ces bandes de fréquences, une valeur en décibels peut être obtenue. Ces mesures permettent de comparer les stations entre elles et seront ensuite comparées aux détections de vocalises.

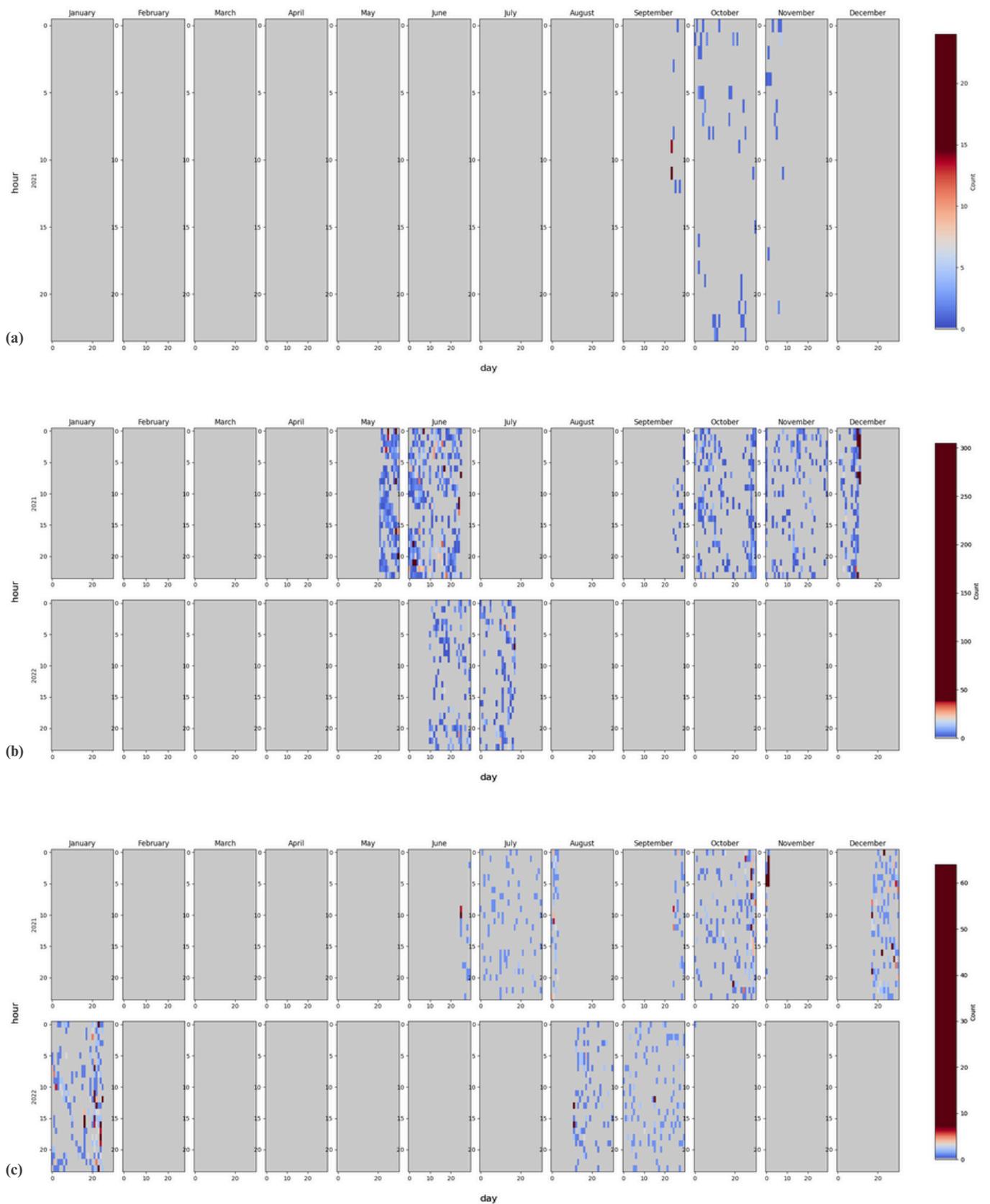


Figure 1. Calendrier des détections, par heure de chaque journée, de vocalises de *Sotalia* obtenues avec YOLOv5s sur les années 2021 et 2022: **(a)** Île du Grand Connétable, **(b)** Mahury et **(c)** Rivière de Cayenne

Comme le présente la Fig.1, le nombre de détection est très variable selon les stations. Dans le cas de l'Île du Grand Connétable, les détections sont faibles, inférieures à 5 par heure. Cependant, un pic de détection est mesuré autour du 20 septembre 2021 (Fig. 1.a). En ce qui concerne la station du Mahury (Fig. 1.b), le nombre de détection en 2021 est important avec parfois plus de 50 détections par heure de la journée. Le maximum de détection est observé durant la fin du mois de mai 2021. Cependant en 2022, durant le mois de juin, le nombre de détection est moins important. À partir des résultats, aucune tendance horaire ne semble être pourtant visible. Enfin, pour la station Rivière de Cayenne, les détections sont également sporadiques avec certains pic de détections, notamment en janvier 2022.

Comme le montre la Fig. 2, les détections de vocalises à la station de l'Île du Grand Connétable sont très peu nombreuses pour cette période de temps. En analysant le bruit ambiant de cette zone, on observe une légère augmentation du bruit à partir du 19 octobre 2021, date à laquelle le nombre de détection horaire devient plus proche de 0.

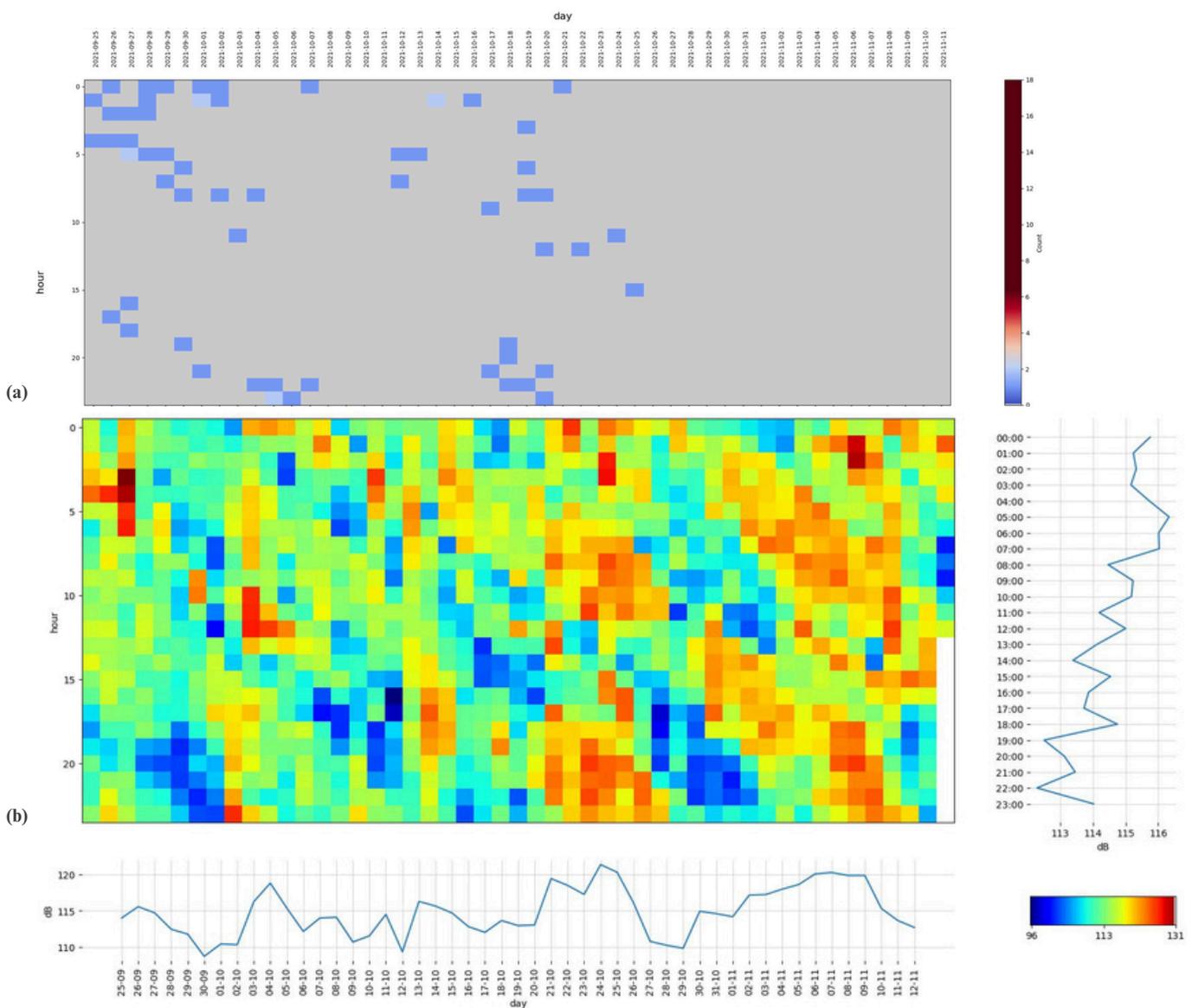


Figure 2. Détections de vocalises de *Sotalia* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de l'Île du Grand Connétable sur la période du 25 Septembre 2021 au 11 Décembre 2021 (a) Nombre de détections de *Sotalia*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

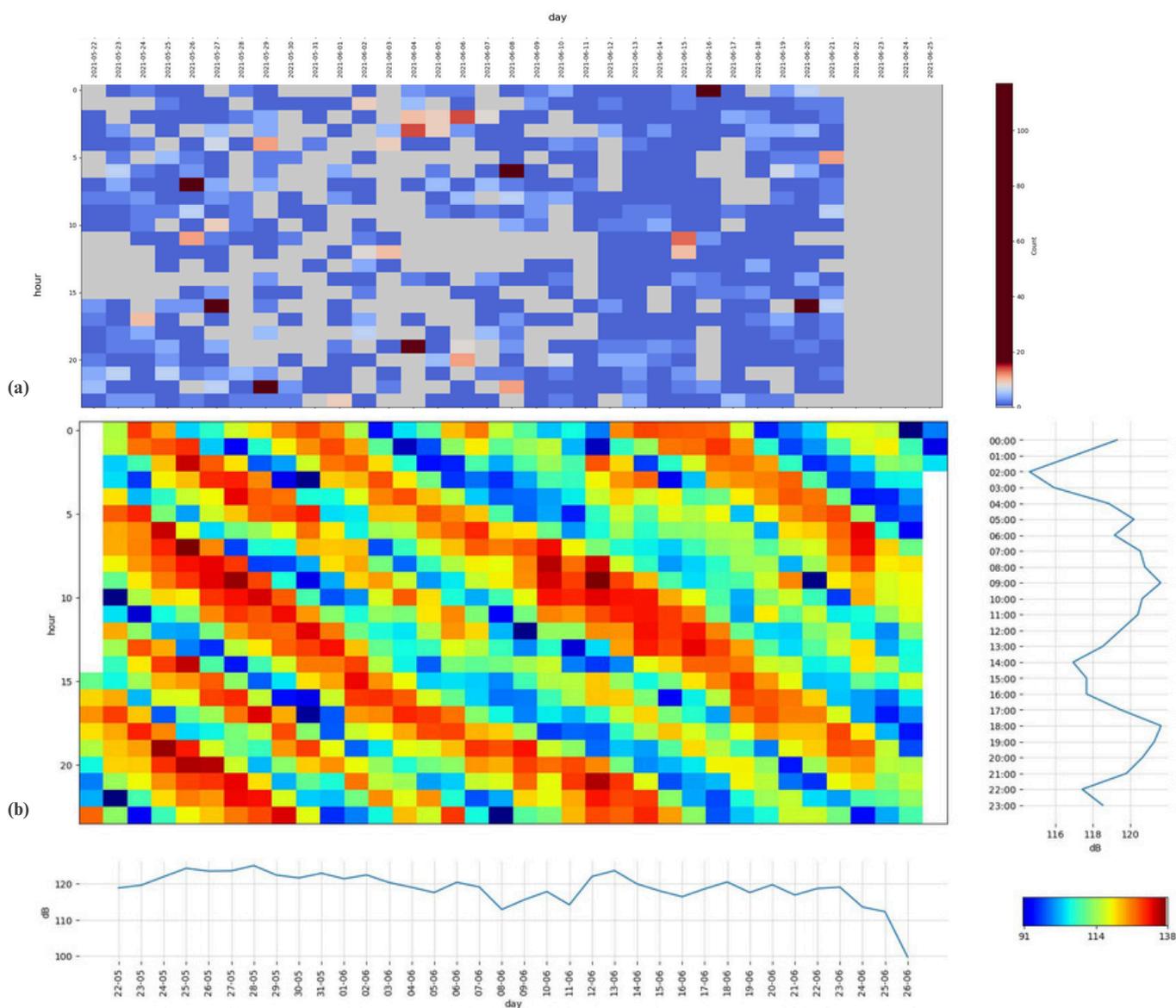


Figure 3. Detections de vocalises de *Sotalies* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de Mahury sur la période du 22 Mai 2021 au 26 Juin 2021

(a) Nombre de detections de *Sotalies*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

Les résultats présentés dans la Fig.3 montre un fort taux de détection par heure dans la zone du Maury. Cependant on observe que l'évolution horaire des DSP forme des stries se décalant d'environ 1h tous les jours avec 2 grandes phases de bruit. Cette observation semble montrer que la mesure du bruit ambiant dans la zone nous permet de suivre le rythme des marées avec un fort bruit au moment du courant entrant ou sortant, provoqué par le roulement des pierres sur le fond de l'eau, et un moment de silence, durant lequel les courants sont faibles.

La Fig.4 présente les résultats de la station du Mahury pour la période du 25 Septembre au 1er Novembre 2021. On observe à nouveau des stries lors des 10 premiers jours de la session puis une forte diminution du bruit pendant encore 10 jours avant une reprise du bruit.

En ce qui concerne le calendrier de détection il semblerait qu'il soit corrélé au bruit ambiant avec des detections au moment où le bruit est le plus fort et très peu de detections lorsque le bruit est faible. On observe cependant des pics de detections lorsque le bruit est bas.

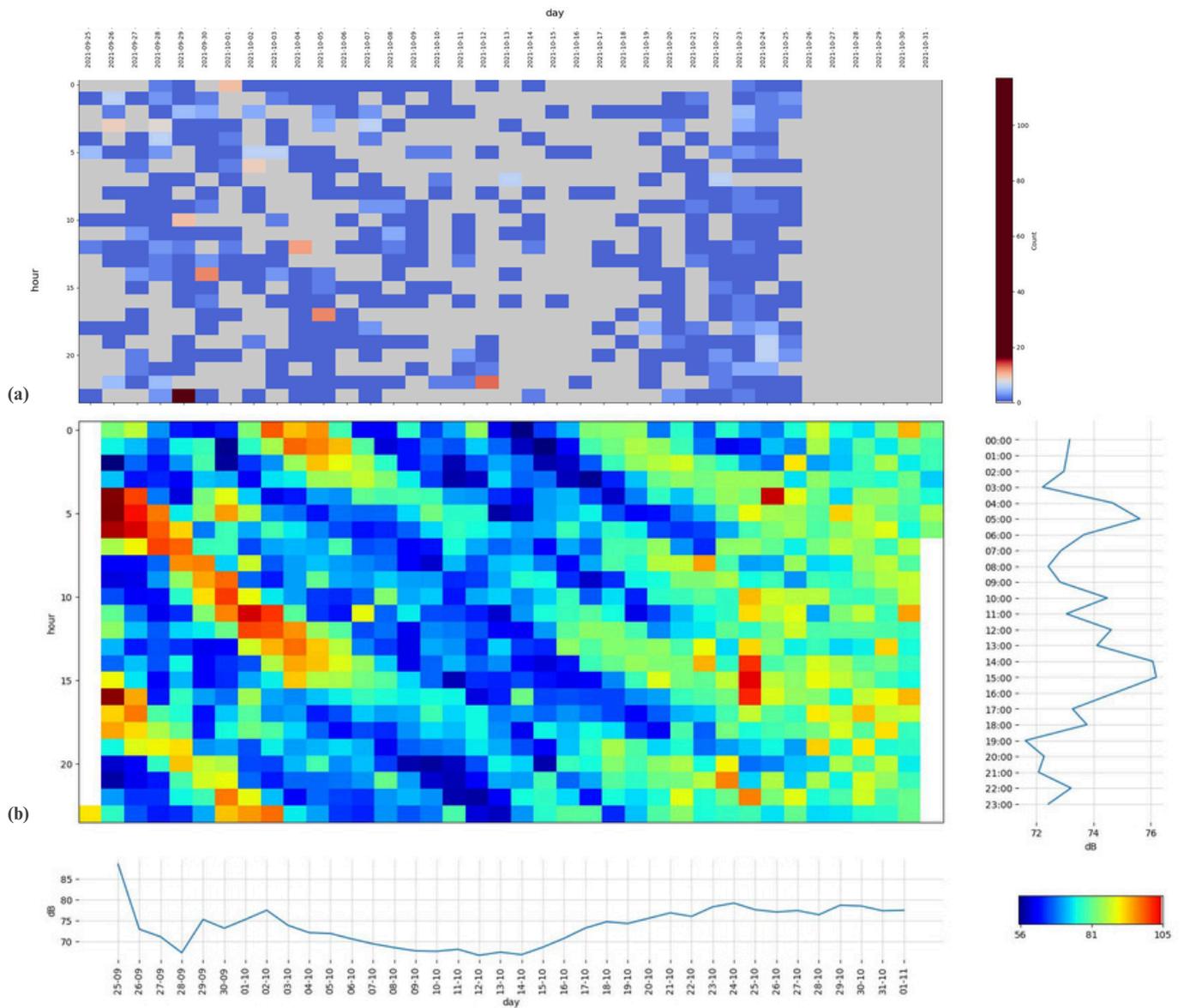


Figure 4. Détections de vocalises de *Sotalias* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de Mahury sur la période du 25 Septembre 2021 au 01 Novembre 2021

(a) Nombre de détections de *Sotalias*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

Comparable à la Fig.4, la Fig.5 montre à nouveau qu'il semble y avoir de gros pics de marées mais cette fois-ci les détections sont au moment des phases plus calmes. Ces observations sont ainsi observé sur les prochaines figures du rapport.

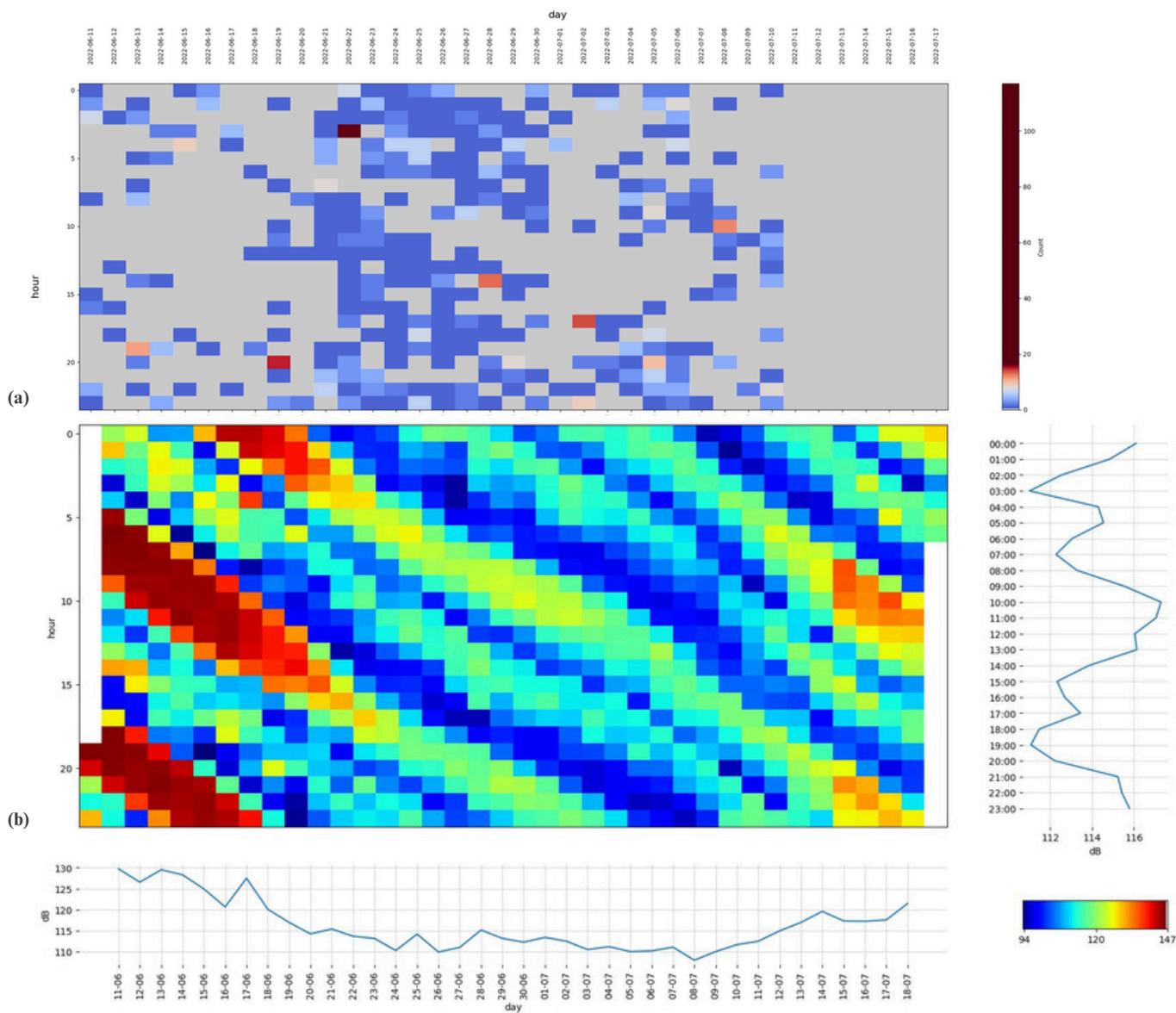


Figure 5. Détections de vocalises de *Sotalias* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de Mahury sur la période du 11 Juin 2022 au 18 Juillet 2022

(a) Nombre de détections de *Sotalias*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

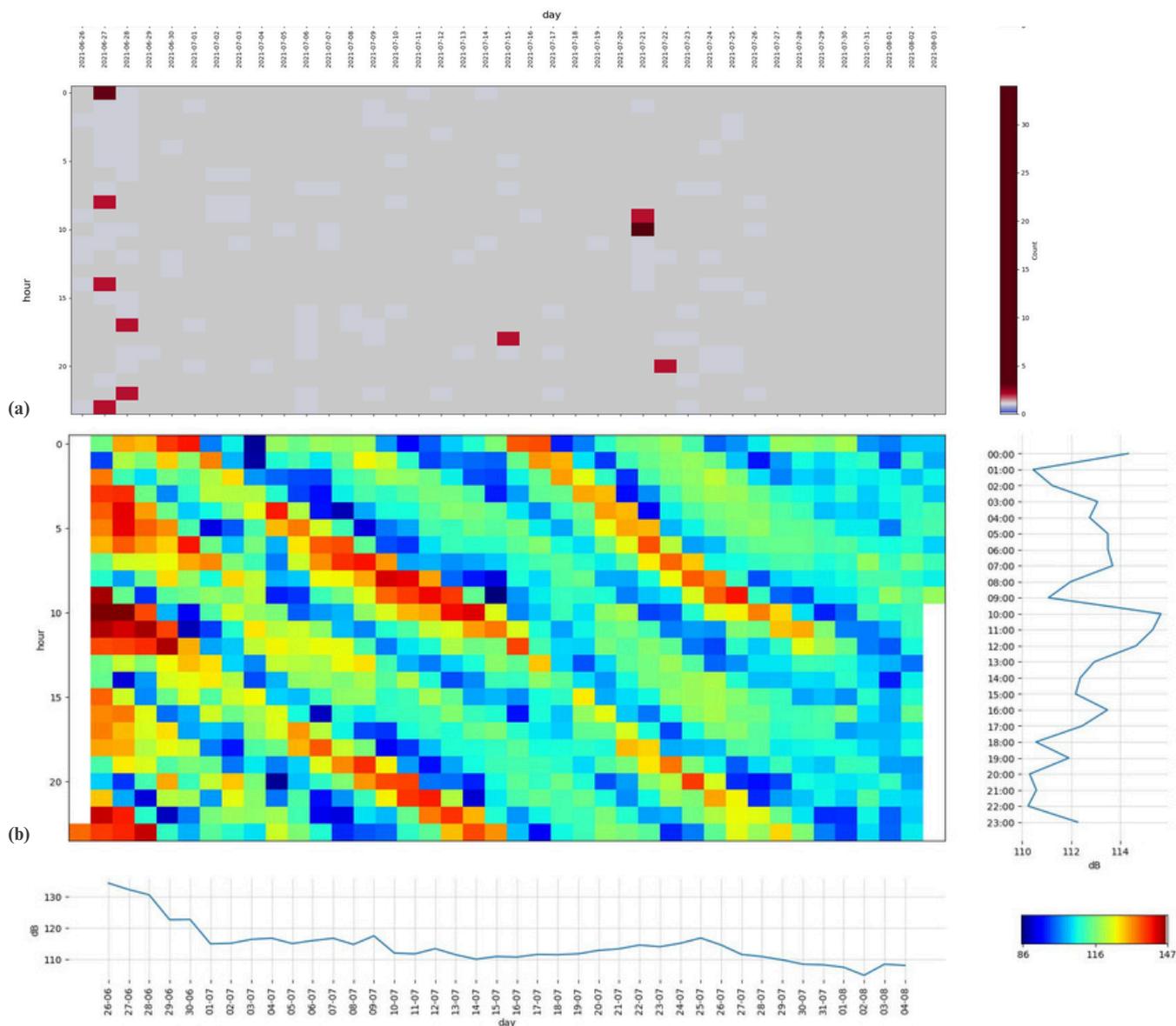


Figure 6. Détections de vocalises de *Sotalia* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 26 Juin 2021 au 04 Août 2021

(a) Nombre de détections de *Sotalia*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

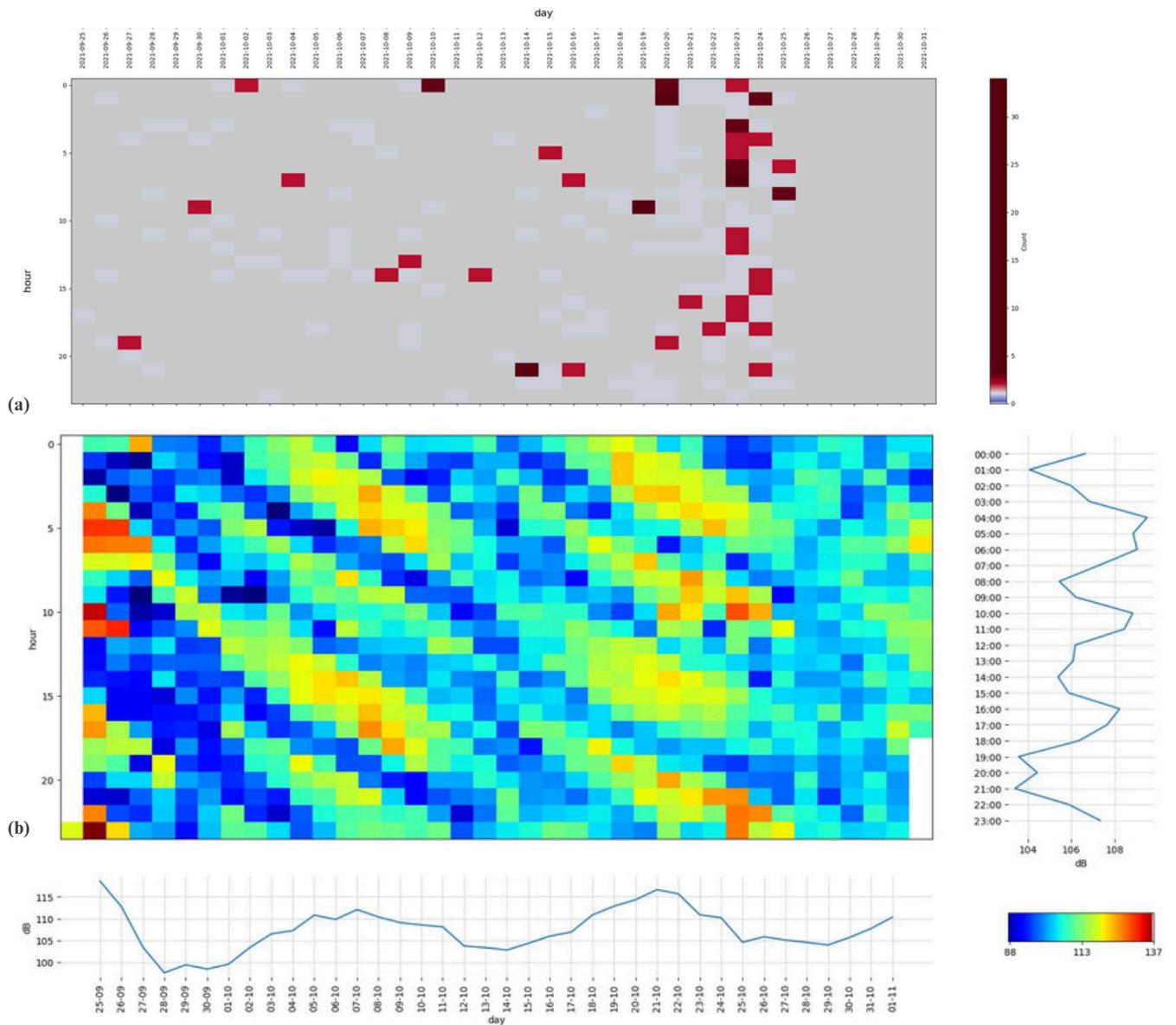


Figure 7. Détections de vocalises de *Sotalias* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 25 Septembre 2021 au 31 Octobre 2021

(a) Nombre de détections de *Sotalias*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

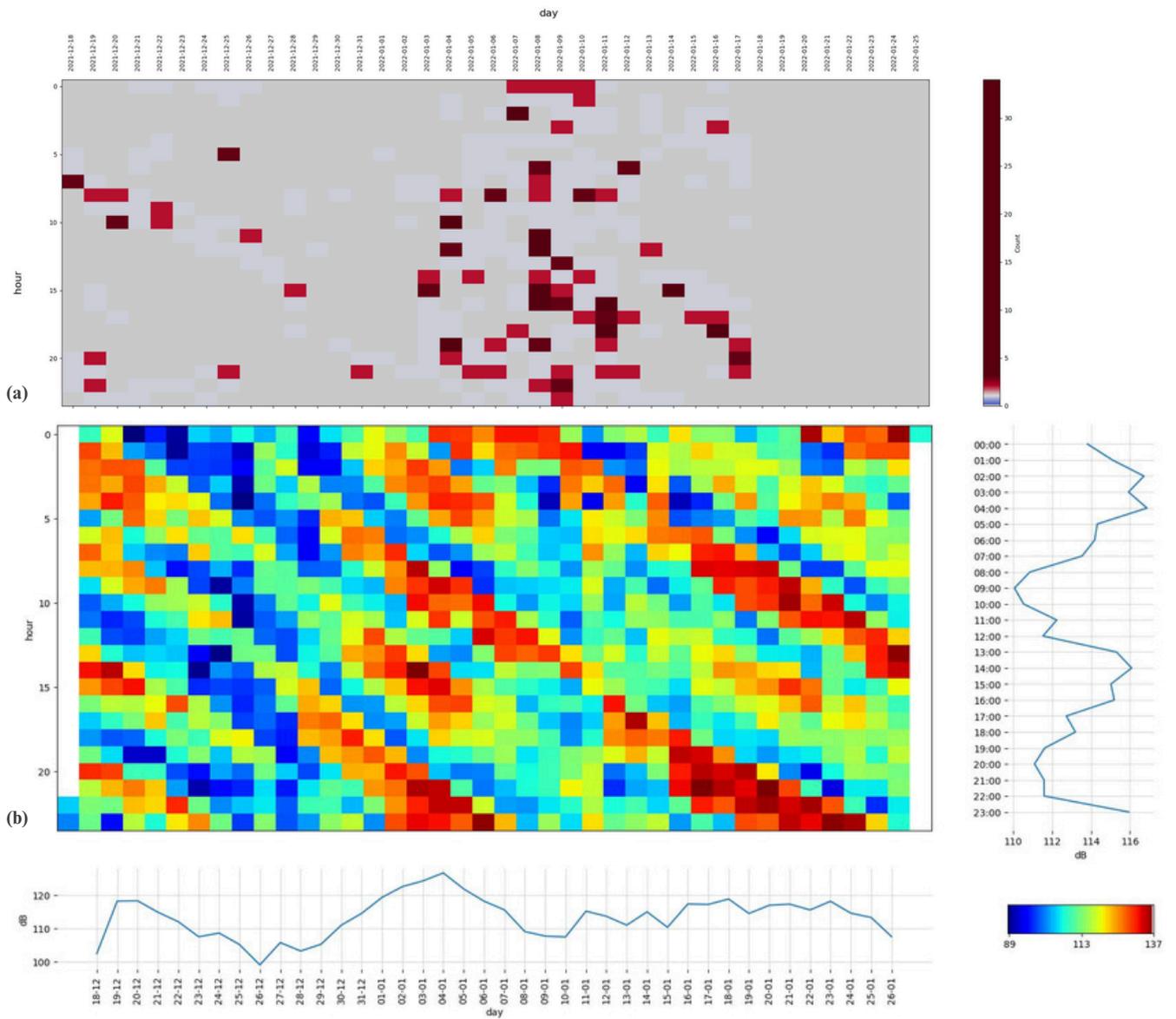


Figure 8. Détections de vocalises de *Sotalia* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 18 Décembre 2021 au 26 Janvier 2022

(a) Nombre de détections de *Sotalia*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

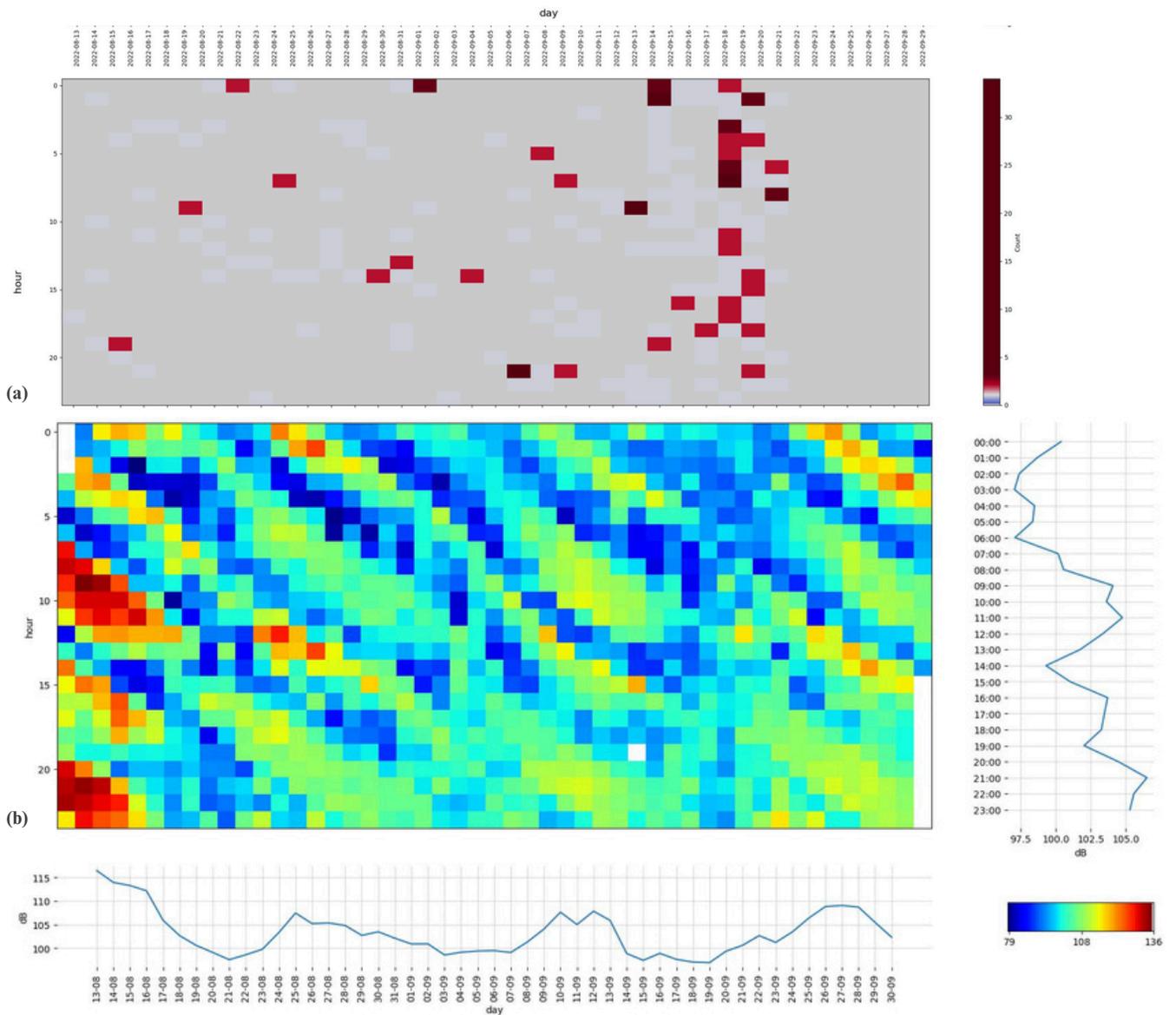


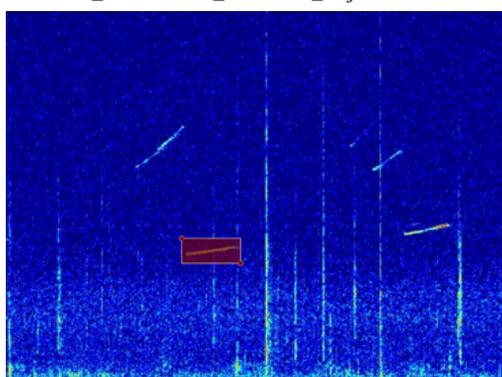
Figure 9. Détections de vocalises de *Sotalias* comparées au bruit ambiant entre 10 et 400Hz autour des hydrophones de la Rivière de Cayenne sur la période du 13 Août 2022 au 30 Septembre 2022

(a) Nombre de détections de *Sotalias*/heure sur une journée entière, (b) Densité Spectrale de Puissance (DSP) estimant le bruit autour des hydrophones

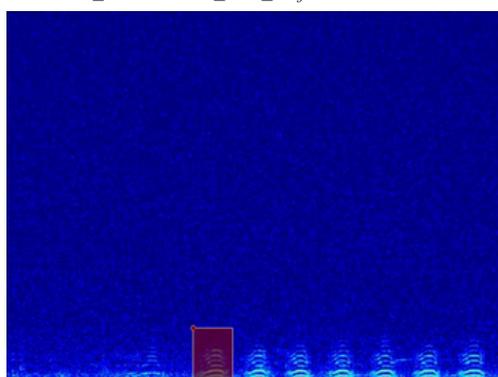
Discussion

Les résultats de détection ont été obtenus après entraînement du modèle Yolov5s sur une partie des données. Cette partie a été annotée en présence/absence de Sotalie et non de type de vocalise. On observe qu'une majorité de détections sont sur le site du Mahury, mais qu'aucune tendance horaire ne peut être affirmé à partir de cela. De plus, un échantillon de 100 détections a été vérifié manuellement afin de confirmer les détections. Résultat, parmi les 100 détections, 50.5% sont fausses, 20.2% comportent un défaut (boîtes mal placées) et 29.2% seulement sont justes. Parmi les fausses détections certaines vocalises de Sotalie sont confondues avec des sonars (Casey C *et al.* (2024)), d'autres confondues avec des oiseaux (ex: corbeau). Les vocalises se trouvant dans les basses fréquences peuvent être également confondues avec le bruit. Ces confusions peuvent être liées à des défauts dans les annotations faites, un manque d'annotation ou un filtrage des résultats de détection insuffisant.

Exemple de sonar détecté comme Sotalie
20501212_025502UTC_V00OS11_26.json



Exemple d'oiseau détecté comme Sotalie
20210924_125806UTC_V12_50.json



Solutions envisagées: repasser sur les annotations faites, ajouter des annotations, ajouter du bruit au dataset et filtrer les détections sorties (considérer un fichier positif si au moins n détections).

Influence des marées

Dans l'état actuel les détections de Sotalie semblent coïncider avec le rythme des marées sur certaines périodes. et notamment dans la station du Mahury où nous avons eu le plus de détections. Ceci peut être lié à deux facteurs: soit le détecteur n'est pas entraîné à détecter des vocalises masquées dans le bruit causé par les courants de marées et confond les sons causés par ce dernier soit les Sotalies sont présentes dans la zone uniquement lorsque les courants de marées sont faibles. Cependant, pour pouvoir affirmer ou infirmer les hypothèses il faut d'abord être sûr de la justesse des détections et le vérifier sur la suite des données.

Perspectives

Ainsi, en perspective des analyses, nous pouvons envisager 3 principaux axes :

- Il est important de reconstruire ou du moins d'enrichir le dataset d'annotation avec les nouvelles données afin d'obtenir un modèle plus robuste mais également de lui ajouter du bruit et tous les signaux parasites.
- Nous lancerons ensuite la détection sur la période pré, post et pendant les travaux pour voir son effet sur la population
- Une fois que le modèle sera plus robuste aux bruits, nous pourrons tenter une analyse par type de vocalise. Pour cela, la méthode envisagée serait d'extraire automatiquement des informations sur chaque vocalise et les classer selon les informations réunies. Cette méthode de clustering permet d'obtenir des grandes classes de vocalises et nous permettra d'analyser cela dans cette étude.