

Indices conjoints de PUE actualisés pour l'albacore de l'océan Indien basés sur les données des pêches palangrières japonaises, coréennes et taïwanaises jusqu'en 2023

Toshihide Kitakado¹, Sheng-Ping Wang², Sung Il Lee³, Hirotaka Ijima⁴, Heewon Park⁵, Jung-Hyun Lim⁵, Mikyung Lee⁵, Yuichi Tsuda⁴, Satoshi Nirazuka⁴ et Wen-Pei Tsai⁶

¹ Tokyo University of Marine Science and Technology, 5-7, Konan 4, Minato, Tokyo, 108-8477, Japan (Email: kitakado@kaiyodai.ac.jp)

² National Taiwan Ocean University, No. 2, Beining Rd., Zhongzheng Dist., Keelung City 20224, Taiwan

³ Pukyong National University, 45 Yongso-ro, Nam-gu, Busan 48513, Korea

⁴ Japan Fisheries Research and Education Agency, Fisheries Resources Institute, 2-12-4 Fukuura, Kanazawa-ku, Yokohama-shi, kanagawa-ken, 236-8648, Japan

⁵ National Institute of Fisheries Science, 216 Gijanghaean-ro, Gijang-eup, Gijang-gun, Busan 46083, Korea

⁶ National Kaohsiung University of Science and Technology, No. 415, Jiangong Rd., Sanmin Dist., Kaohsiung City 80778, Taiwan

RÉSUMÉ

La standardisation des PUE conjointes pour l'albacore de l'océan Indien a été réalisée en utilisant les données des pêches palangrières du Japon, de la Corée et de Taiwan jusqu'en 2023. Cet effort visait à fournir au Comité Scientifique de la CTOI des indices d'abondance actualisés pour son examen aux fins de l'évaluation du stock. Cette collaboration visait à améliorer la couverture spatiale et temporelle des données des pêcheries, produisant ainsi des indices combinés. Afin de rendre compte des variations interannuelles de l'espèce ciblée pour chaque pêcherie, les données sur les hameçons entre flotteurs ou les résultats du clustering ont été incorporés pour chaque région. Des modèles de régression linéaires delta-lognormaux traditionnels ont été appliqués pour standardiser les données de prise par unité d'effort, en utilisant les données opérationnelles partagées de chaque région. Dans l'ensemble, la tendance de la PUE était globalement cohérente avec celles utilisées dans les évaluations du stock de 2018 et 2021, à l'exception des récentes tendances à la hausse.

INTRODUCTION

Les ORGP thonières, dont la CTOI, ont recommandé de développer des données de PUE conjointes des pêcheries palangrières afin d'améliorer les évaluations des stocks de thons tropicaux. En réponse, la CTOI mène des efforts en collaboration depuis plusieurs années visant à produire des indices d'abondance en combinant les données de PUE des principales flottilles palangrières. Une approche d'ensemble utilisant les données des pêcheries de plusieurs flottilles palangrières a été appliquée aux espèces de thons tropicaux et de thons tempérés dans leurs évaluations des stocks. En suivant ces pratiques établies au sein de la CTOI et d'autres ORGP, le groupe sur les PUE conjointes a mené une étude en collaboration pour développer des indices d'abondance pour l'albacore de l'océan Indien. Cette étude se basait sur les données des pêcheries palangrières japonaises, coréennes et taïwanaises allant jusqu'en 2023.

En 2018, un atelier sur la standardisation des PUE conjointes s'est tenu sous la direction d'un consultant de la CTOI, donnant lieu au développement d'indices d'abondance basés sur des données opérationnelles jusqu'en 2017 (Hoyle et al., 2018), qui ont été utilisées dans l'évaluation du stock d'albacore de 2018.

Fin 2019, un groupe a trilatéral a lancé les travaux sur les PUE conjointes pour standardiser les PUE en utilisant des GLM traditionnels et des modèles spatio-temporels sophistiqués. Il était initialement prévu que l'analyse serait réalisée par le biais d'une série de réunions en présentiel et que les données opérationnelles seraient partagées via un système intranet pour garantir la sécurité des données. Toutefois, en raison de la pandémie de COVID-19, le protocole de partage des données a été modifié pour s'adapter aux formats de réunion à distance et a été mis au point entre les trois pays. Dans le cadre du protocole révisé, l'accès aux données était limité au Président du groupe, et seules des données agrégées à une résolution réduite (grille de 1° par mois, navire et cluster cible) étaient

partagées, et non les données opérationnelles. L'indice final produit par le groupe (Kitakado et al. 2021) a été utilisé dans l'évaluation du stock d'albacore de 2021.

Pour la réunion du GTTT(PD) de 2024, le groupe s'est réuni en présentiel pour réaliser les analyses en utilisant ses données opérationnelles en vue de fournir des indices actualisés (Matsumoto et al., 2024). Cependant, par manque de temps, le groupe a réalisé l'analyse de la PUE trimestrielle en utilisant les données agrégées, tout comme dans l'analyse de 2021. Il y avait, en outre, plusieurs autres différences : l'ID des navires, qui avait été utilisé précédemment comme l'une des covariables, n'a pas été inclus dans la composante de régression positive du modèle delta-lognormal ; l'analyse incluait les données de la région R1a (**Figure 1**), ce qui n'avait pas été utilisé dans les analyses précédentes ; et les résultats du clustering ont été utilisés en tant que covariables de ciblage dans les régions tropicales (R1 et R4) à la place des hameçons entre flotteurs (HBF). Le GTTT26 a par la suite réalisé une nouvelle évaluation du stock en 2024, qui a abouti à un état du stock quelque peu différent pour ce stock et a soulevé des questions aux réunions du CS et de la Commission (IOTC 2024 ; 2025).

À la demande et selon les prescriptions du GTTT et du CS, le groupe sur les PUE conjointes s'est réuni deux fois en 2025, en février et en avril, pour procéder aux analyses de la PUE conjointe non seulement pour l'albacore (pour examen) mais également pour le patudo (pour la procédure de gestion et l'évaluation du stock) et le germon (pour l'évaluation du stock). Au cours des ateliers, le groupe a suivi un calendrier serré mais a identifié un problème lié à l'extraction de la composante delta, qui nécessitait un traitement plus minutieux que la composante positive dans le modèle delta. Le groupe a effectué les analyses en utilisant les données opérationnelles et a présenté les résultats préliminaires au GTTT27(PD), suivi d'une version actualisée des résultats au GTTT27 en octobre 2025. Toutefois, la soumission a été retardée et le fichier de présentation manquait d'explications suffisantes. Le GTTT a donc demandé au groupe de préparer et de présenter une version plus descriptive du document au CS pour que le CS puisse examiner plus avant la précision et les potentielles implications des PUE de 2025 pour l'évaluation. Le GTTT27 a également demandé un examen plus approfondi des résultats pour (R3), dans la mesure où la PUE standardisée a été considérée être relativement faible dans les périodes récentes.

MATÉRIELS

Protocole de partage des données

Le jeu de données combiné pour la standardisation des PUE de l'albacore incluait les données opérationnelles sur les nombres de captures par espèce, avec des informations spatio-temporelles (quotidiennes ; 1° de latitude et longitude), les ID des navires, le nombre d'hameçons (en tant qu'effort) ainsi que le facteur de HBF (pour R1b et R4) et les résultats du clustering (R2 et R3) pour rendre compte des changements de l'espèce ciblée lors des opérations de pêche. En ce qui concerne le clustering, comme indiqué par Wang et al. (2021), les espèces ont été classées en germon (ALB), patudo (BET), albacore (YFT), thon rouge du sud (SBT), marlin noir (BLM), marlin bleu (BUM), espadon (SWO), autres poissons porte-épée (BIL), requins (SKX) et autres (OTH).

Les données disponibles couvrent la période 1975–2024 pour les pêcheries palangrières du Japon et de la Corée et 2005–2024 pour les pêcheries palangrières taïwanaises (les données sur l'ID des navires sont disponibles à partir de 1975 pour les données du Japon). Pour les pêcheries taïwanaises, les données à partir de 2005 ont été utilisées en raison des problèmes de qualité des données discutés aux précédentes réunions de la CTOI. En outre, nous avons également retiré certaines données des navires taïwanais de 2021-2023 compte tenu de leurs soudains changements opérationnels.

Filtrage des données

- En ce qui concerne la sélection des navires, seuls les navires avec 20 données ou plus ont été inclus dans la standardisation des PUE.
- Pour chaque grille spatio-temporelle, les données ont été sous-échantillonnées aléatoirement à un taux minimum de 20%, tout en garantissant le maintien de 100 points de données au moins. Cette procédure évite des taux d'échantillonnage excessivement bas et maintient une taille d'échantillon minimale dans toutes les cellules.

Modèle d'estimation

Pour la standardisation des données de prise par unité d'effort, des modèles delta-lognormaux traditionnels ont été employés pour les données opérationnelles.

Les covariables utilisées dans l'analyse sont indiquées ci-dessous :

- Composante temporelle (trimestrielle)
- Composante spatiale (grille longitudinale et latitudinale de carrés de 5°)
- ID du navire
- Catégorie de cluster

- HBF en moyenne dans les données agrégées : peu profond (≤ 7), moyen ($8 \leq \text{HBF} \leq 13$) et profond ($14 \leq \text{HBF}$).

La relation entre la catégorie de cluster et les HBF est représentée à la **Fig A4**.

La première composante de « zéro » ou « non-zéro » est exprimée en tant que distribution binomiale avec une probabilité de captures « non-zéro » en tant que relation logistique avec les variables explicatives ci-dessus ; la deuxième composante de capture positive supposait les mêmes structures de régression utilisées dans les modèles de régression LN. Toutes les covariables ont été utilisées dans les deux composantes du modèle delta-lognormal. Le logarithme du nombre d'hameçons a également été utilisé dans la composante delta de l'analyse.

Extraits des indices d'abondance des modèles avec des interactions

Après avoir procédé à l'ajustement du modèle, le résultat final de l'indice d'abondance est extrait par un exercice d'effets trimestriels des deux composantes. Il est à noter qu'une mise à l'échelle binomiale a été réalisée pour que la moyenne de la proportion prédite de captures positives dans le temps soit égale à la proportion moyenne des PUE observées dans le temps, étant donné que la valeur d'ajustement dans l'espace logistique influence les probabilités positives prédites.

	Reference	Data	Period	Model	Targeting	Vessel ID	Note
CPUE2018	Hoyle et al. (2018)	Operational (subsampling)	1975 ~2017	Delta-LN	HBF with spline	Delta/Positive	
CPUE2021	Kitakado et al. (2021)	Aggregated (due to COVID-related data sharing restrictions)	1975 ~2020	LN (R1b, R2, R4) Delta-LN (R3)	HBF (R1b, R4) Cluster (R2, R3)	Only Positive	
CPUE2024	Matsumoto et al. (2024)	Aggregated (due to time constraints)	1975 ~2023	Delta-LN	Cluster	Only Delta	•R1a included •Missing delta comp in CPUE(R1)
CPUE2025_WPTT	Kitakado et al. (2025)	Operational (subsampling)	1979 ~2023	Delta-LN	HBF with Cate (R1b, R4) Cluster (R2, R3)	Delta/Positive	
CPUE2025_SC	This slide	Operational (subsampling)	1975 ~2023	Delta-LN	HBF with Cate (R1b, R4) Cluster (R2, R3)	Delta/Positive	

RÉSULTATS et REMARQUES

- La **Figure 2** illustre le résultat de la série de PUE standardisée produite en 2018 (Hoyle et al. 2018), en 2021 (Kitakado et al. 2018), en 2024 (Matsumoto et al. 2024), au GTTT2025 (Kitakado et al. 2025) et au CS2025 (dans ce document). Des données de niveau opérationnel ont été utilisées dans les analyses de 2018, du GTTT2025 et du CS2025, alors que des données agrégées ont été utilisées en 2021 et 2024. Les schémas généraux sont similaires sur les cinq indices de chaque région.
- La **Figure 3** montre la comparaison des trois indices en 2018, en 2021 et au CS2025. Les séries temporelles des PUE standardisées étaient généralement cohérentes parmi les trois analyses, présentant une tendance à la baisse à partir de la fin des années 1970 suivie de niveaux stables ces dernières années. Dans R3, les trois séries de PUE standardisées présentaient des tendances à long terme généralement similaires, même si les analyses de 2021 et du CS2025 présentaient une plus grande variabilité et des pics dans la première partie de la période (années 1970–années 1980) par rapport à l'analyse de 2018. Des schémas similaires ont été observés dans les analyses du CS2025 lors de la sélection des principaux clusters pour l'albacore.
- La **Figure 4** montre la comparaison des séries temporelles de PUE standardisées entre les analyses conjointes de 2024 et du CS2025. Globalement, les schémas à long terme étaient similaires entre les deux analyses mais les résultats de 2024 étaient plus planes dans R1, tandis que l'analyse du CS2025 présentait une plus grande variabilité dans la première partie de la période, notamment dans R1, R2 et R4.
- Il est à noter que même dans les régions tempérées, où il peut se produire une variabilité saisonnière de la répartition, le modèle actuel suppose les mêmes effets spatiaux au cours des saisons et dans le temps. Même si cette approche a traditionnellement été utilisée pour l'albacore dans l'océan Indien, les variations saisonnières et interannuelles de la répartition doivent être étudiées au regard des récents changements des conditions environnementales.

- En conclusion, la tendance des PUE au CS2025 concordait dans une large mesure avec celles utilisées dans les évaluations des stocks de 2018 et 2021 à l'exception des récentes tendances à la hausse et dans la Région 3, dans la mesure où les PUE du CS2025SC tendent à être relativement inférieures aux PUE de 2018.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier les experts — Simon Hoyle, Gorka Merino, Dan Fu et Genevieve Phillips — pour leurs commentaires utiles et constructifs soumis au cours de l'atelier et dans des communications électroniques ultérieures. Les auteurs remercient également les commentaires productifs émis lors du 27^{ème} Groupe de travail sur les thons tropicaux (GTTT27). Il a été conseillé aux auteurs d'inclure des informations contextuelles sur les pêcheries pour chaque flottille. Toutefois, par manque de temps, cette version ne comporte pas ces avis. Des informations de base seront incluses dans une future révision de ce document.

RÉFÉRENCES

- Hoyle, S.D., Kitakado, T., Yeh, Y.M., Wang, S.P., Wu, R.F., Chang, F.C., Matsumoto, T., Satoh, K., Kim, D.N., Lee, S.I., Chassot, E., and Fu, D. (2018) Report of the Fifth IOTC CPUE Workshop on Longline Fisheries, May 28th–June 1st, 2018. IOTC–2018–CPUEWS05–R. 27 pp.
- Hoyle, S.D., Campbell, R.A., Ducharme-Barth, N.D., Grüss, A., Moore, B.R., Thorson, J.T., Tremblay-Boyer, L., Winker, H., Zhou, S., Maunder, M.N. (2024) Catch per unit effort modelling for stock assessment: A summary of good practices. *Fisheries Research*, vol 269. doi.org/10.1016/j.fishres.2023.106860.
- IOTC (2018) Report of the 5th IOTC CPUE Workshop on Longline Fisheries. IOTC-2018-WPM09-INF05.
- IOTC (2024) Report of the 27th IOTC Scientific Committee. IOTC-2024-SC27-R.
- IOTC (2025) Report of the 29th IOTC Commission. IOTC-2025-COM29-R.
- Kitakado, T., Satoh, K., Matsumoto, T., Yokoi, H., Okamoto, K., Lee, S., Lee, M., Lim, J., Wang, S., Su, N., Tsai, W., Chang, S. and Kitakado, T. (2020) Plan of trilateral collaborative study among Japan, Korea and Taiwan for producing joint abundance index with longline fisheries data for the tropical tuna species in the Indian Ocean. Collect. IOTC-2020-WPTT22-09.
- Kitakado, T., Wang, S.H., Lee, S.I., Ijima, H., Park, H.W., Lim, J.H., Lee, M.K., Tsuda, Y., Nirazuka, S. and Wen-Pei Tsai. (2025) Update of joint CPUE indices for yellowfin tunas in the Indian Ocean based on Japanese, Korean and Taiwanese longline fisheries data. IOTC-2020-WPTT27-18.
- Kitakado, T., Wang, S.H., Lee, S.I., Tsuda, Y., Park, H.W., Lim, J.H., Nirazuka, S. and Wen-Pei Tsai. (2025) Joint CPUE indices for the bigeye tuna in the Indian Ocean based on Japanese, Korean and Taiwanese longline fisheries for use in MP application in IOTC–2025–SSC01. IOTC–2025–SSC01-04
- Matsumoto, T., Satoh, K., Tsai, W.-P., Wang, S.-P., Lim, J.-H., Park, H. and Lee, S.I. (2024) Joint longline CPUE for yellowfin tuna in the Indian Ocean by the Japanese, Korean and Taiwanese longline fishery. IOTC-2024-WPTT26(DP)-14.
- Wang, S.P., Xu, W.Q., Lin, C.Y. and Kitakado, T. 2021. Analysis on fishing strategy for target species for Taiwanese large-scale longline fishery in the Indian Ocean. IOTC-2021-WPB19-11.

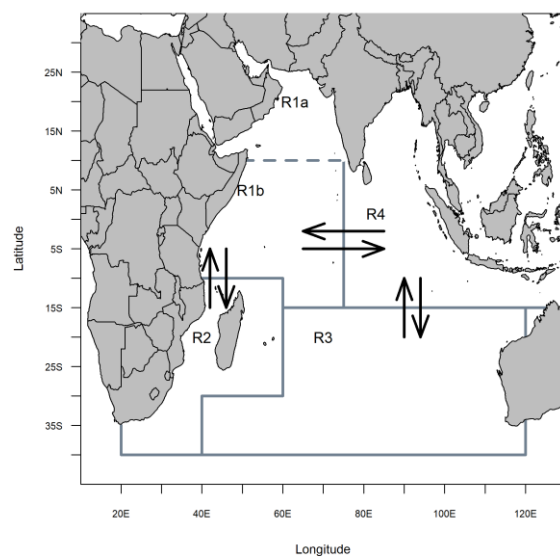


Figure 1. Définition des régions utilisées dans l'analyse.

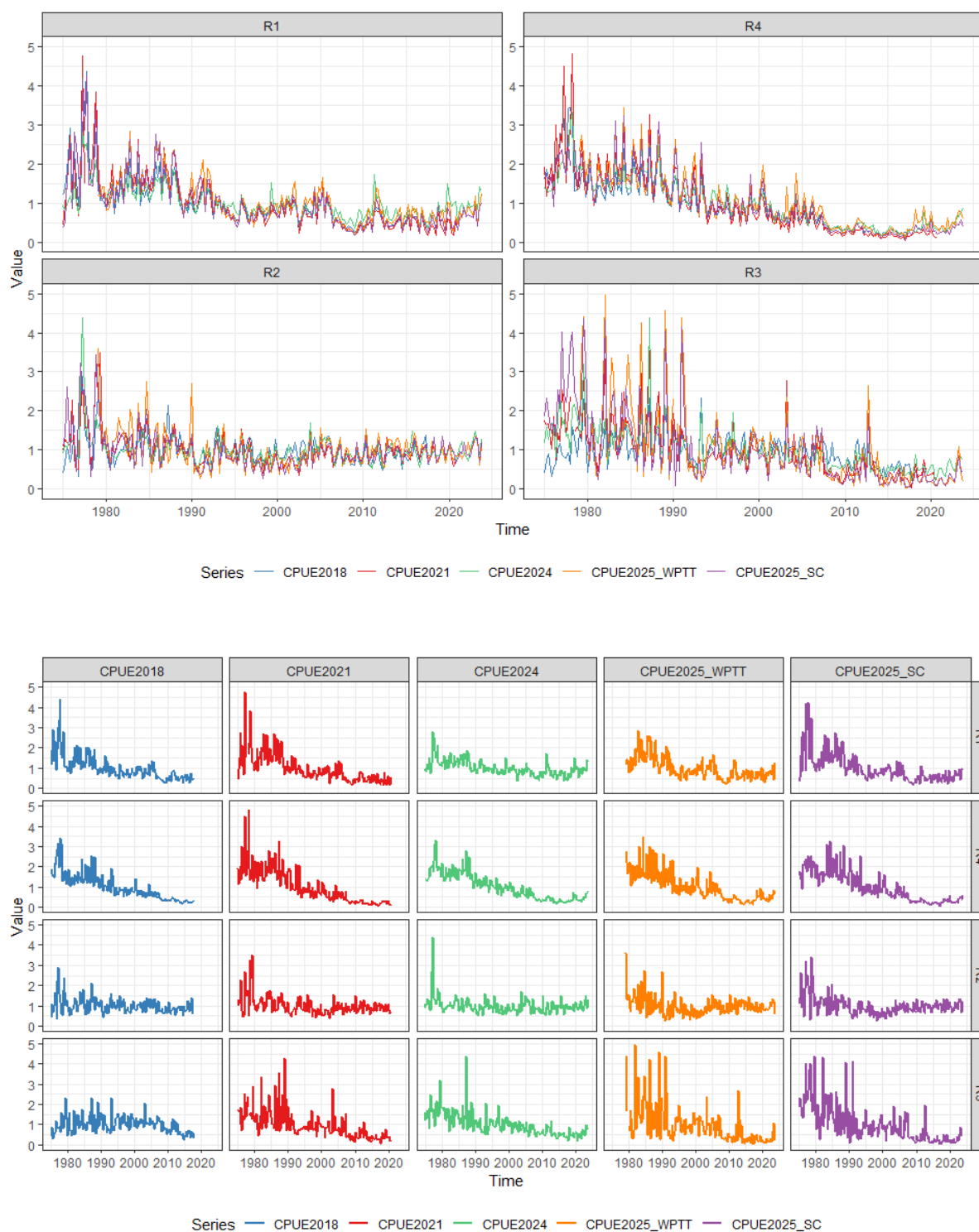


Figure 2. Séries de PUE standardisées produites en 2018, en 2021, en 2024, au GTTT2025 et au CS2025. Des données de niveau opérationnel ont été utilisées dans les analyses de 2018, du GTTT2025 et du CS2025, alors que des données agrégées ont été utilisées en 2021 et 2024.

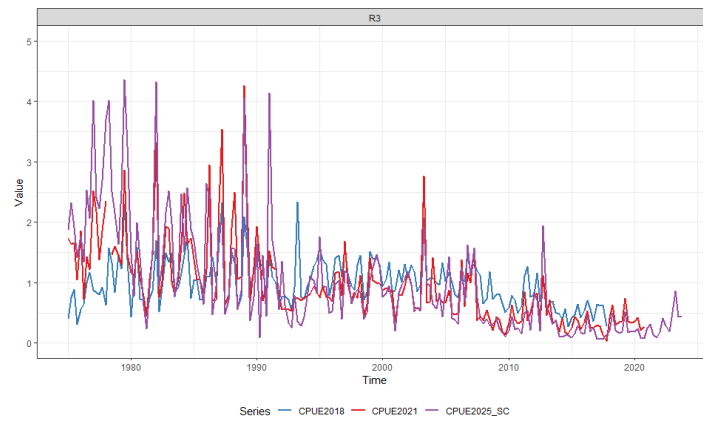
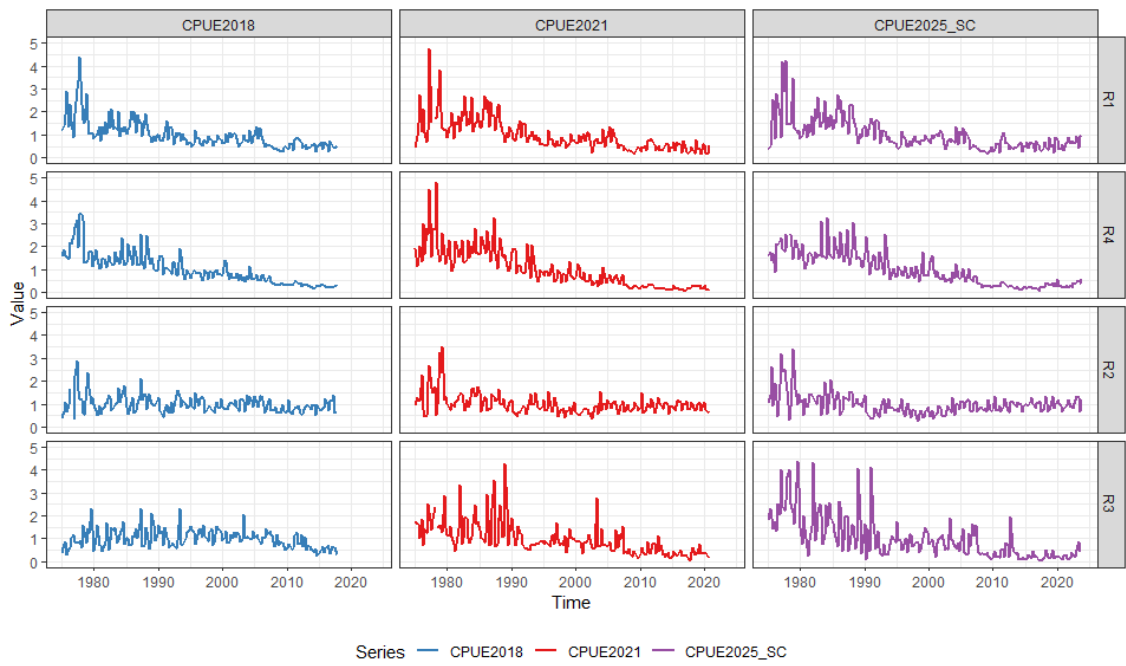
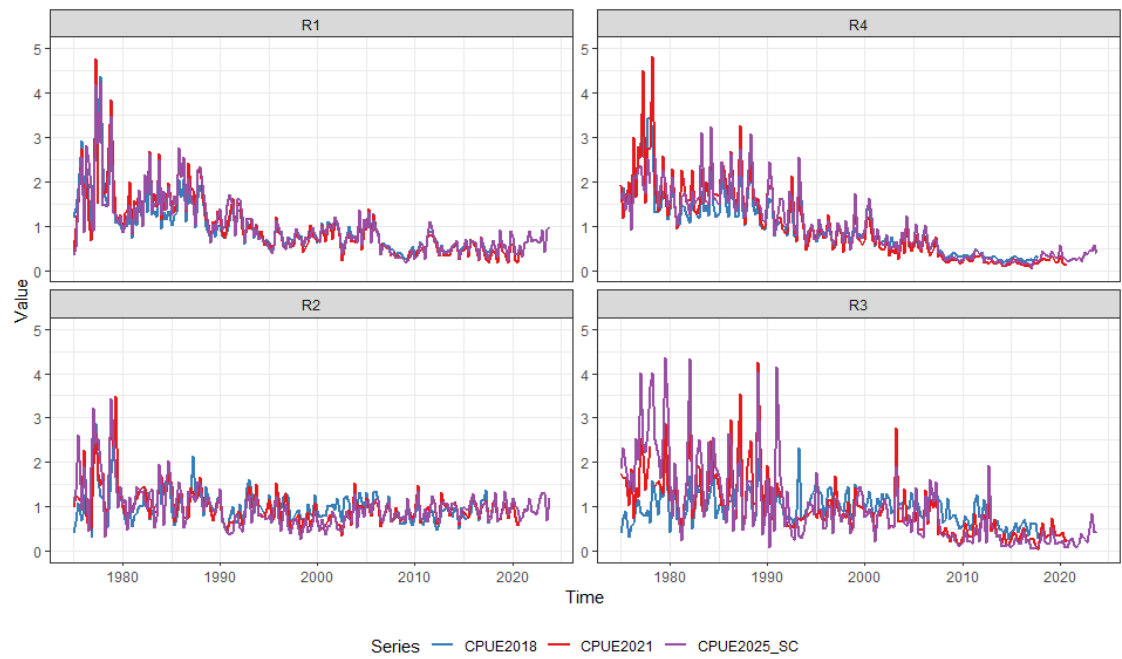


Figure 3. Séries de PUE standardisées produites en 2018, en 2021 et au CS2025.



Figure 4. Comparaison des PUE standardisées en 2024 (Matsumoto et al. 2025) et au CS2025 (dans ce document).

Appendice 1. Carte des captures, de l'effort et des PUE

a) Japanese fisheries

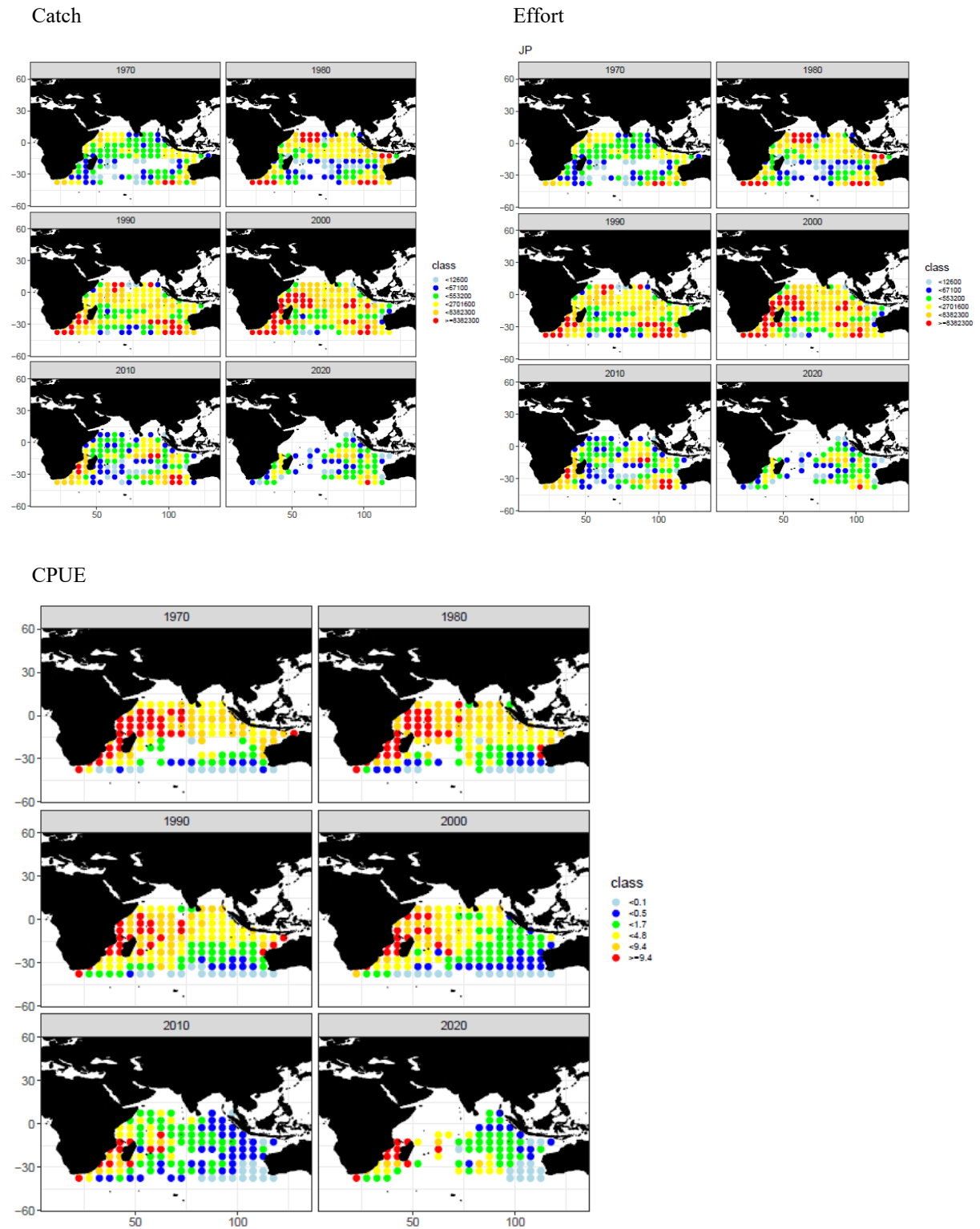


Figure A1. Carte des captures, de l'effort et des PUE dans les pêcheries japonaises.

b) Korean fisheries

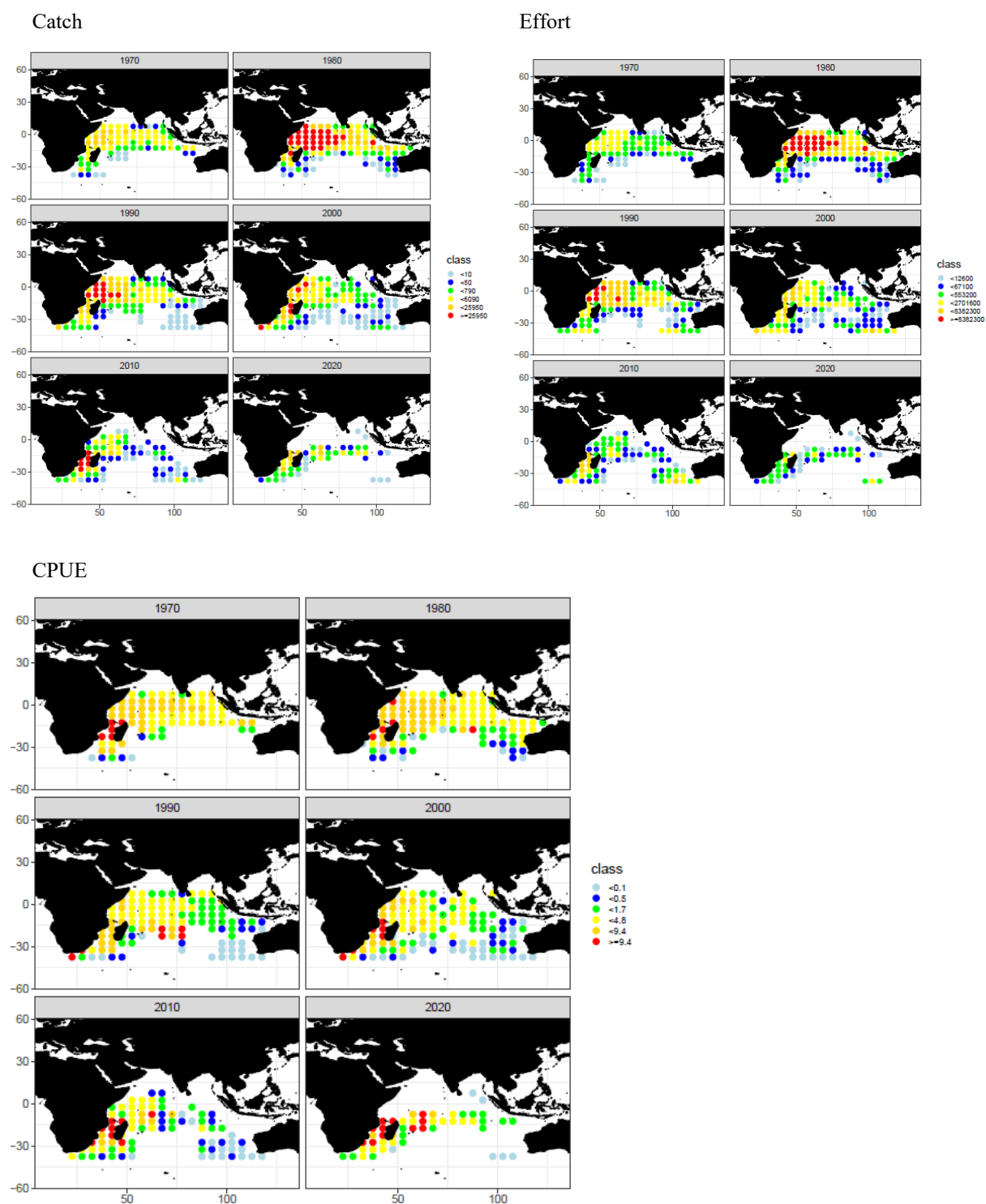


Figure A1(b). Carte des captures, de l'effort et des PUE dans les pêcheries coréennes.

c) Taiwanese fisheries

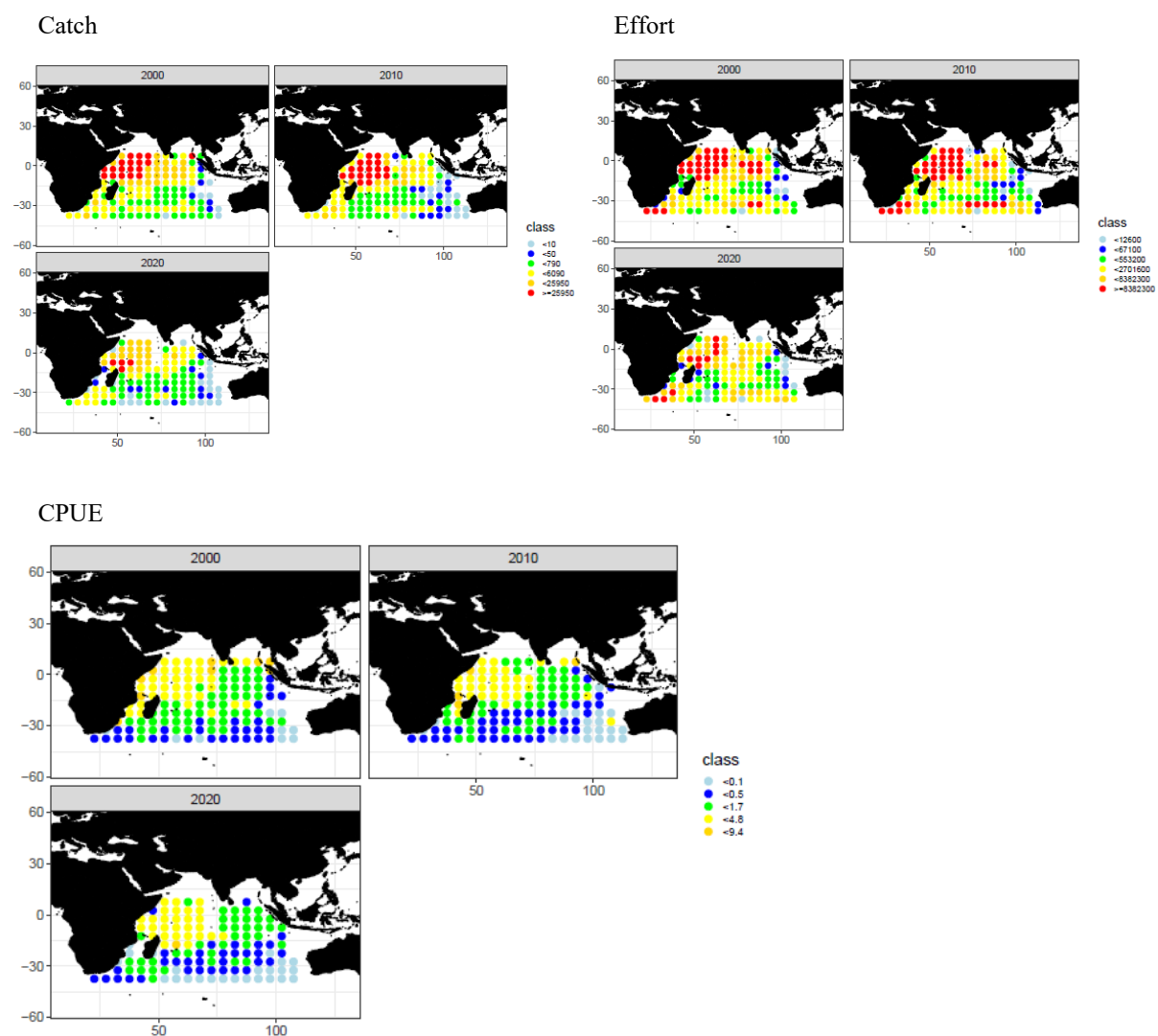


Figure A1(c). Carte des captures, de l'effort et des PUE dans les pêcheries taïwanaises.

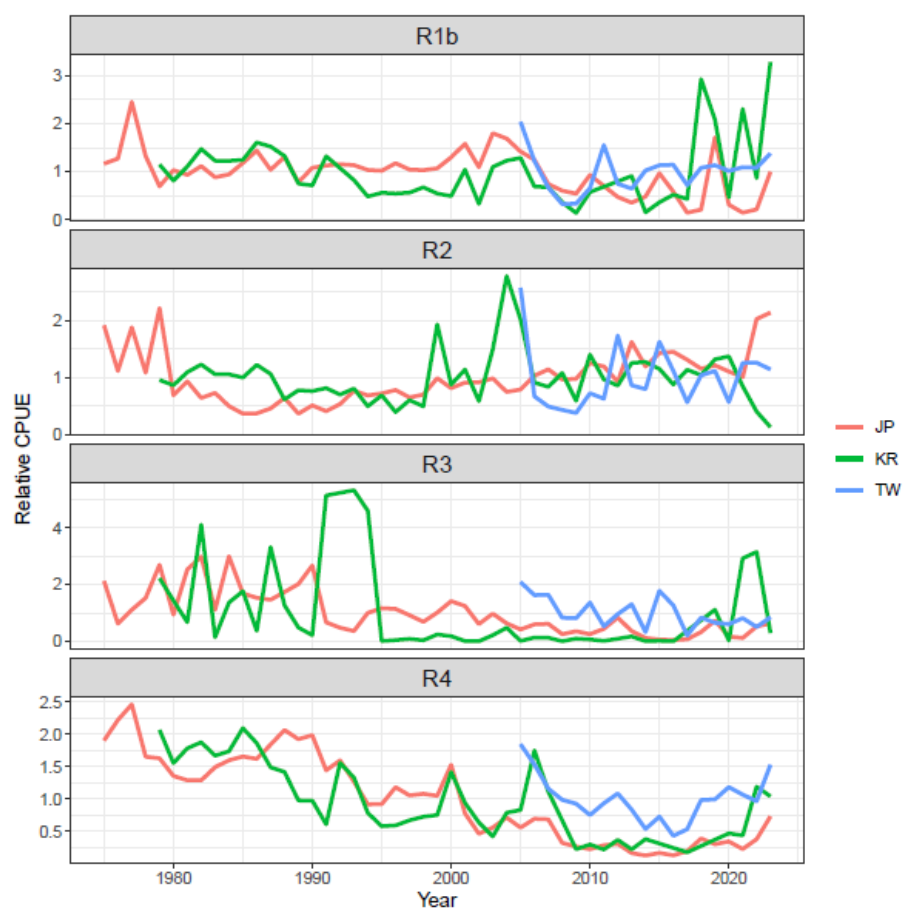
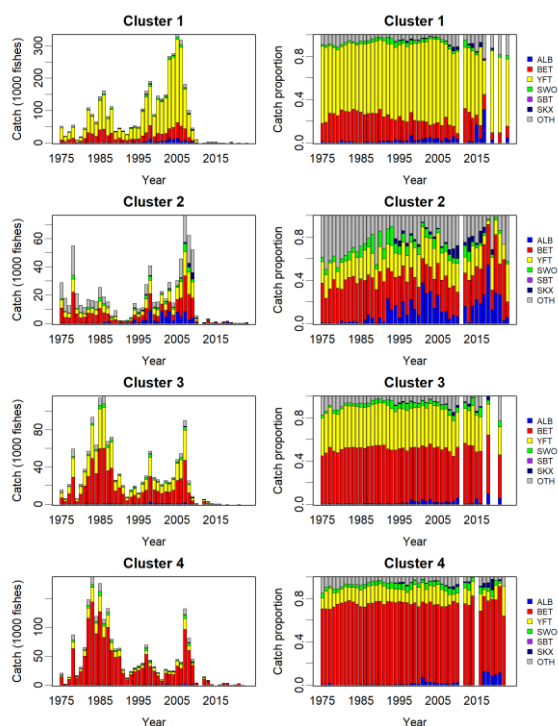


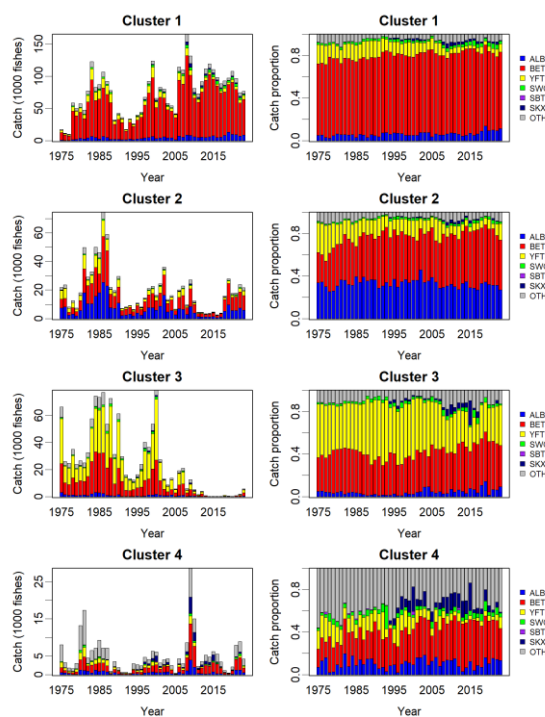
Figure A2. Séries temporelles annuelles des PUE nominales par région.

a) Japanese fisheries

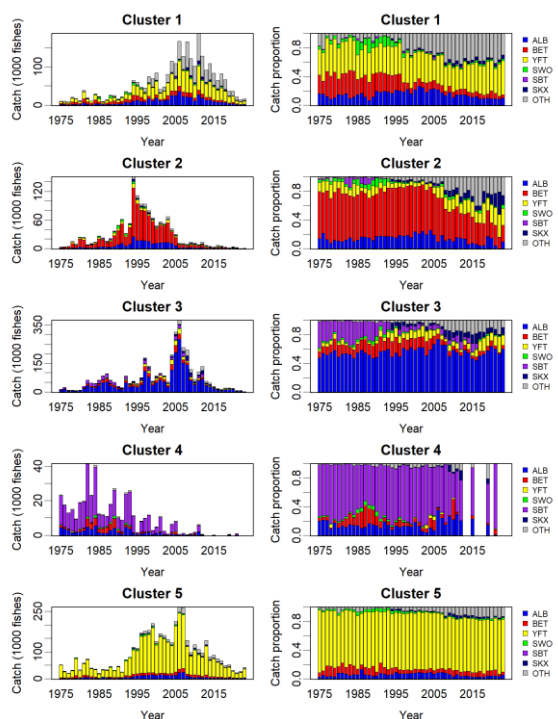
R1b



R4



R2



R3

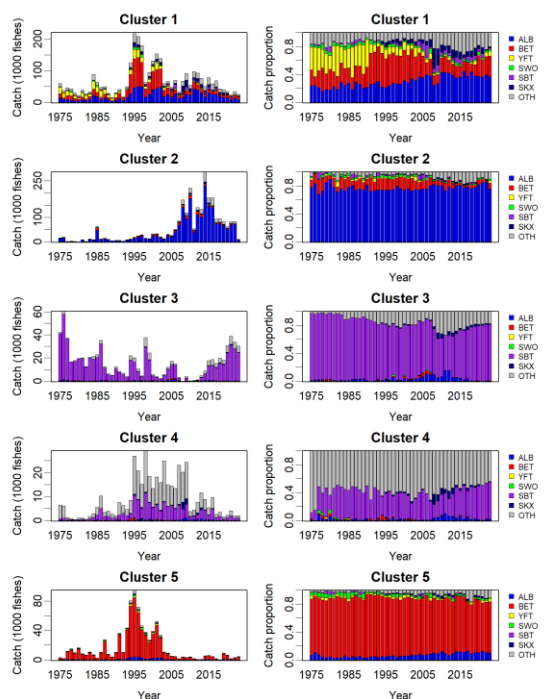
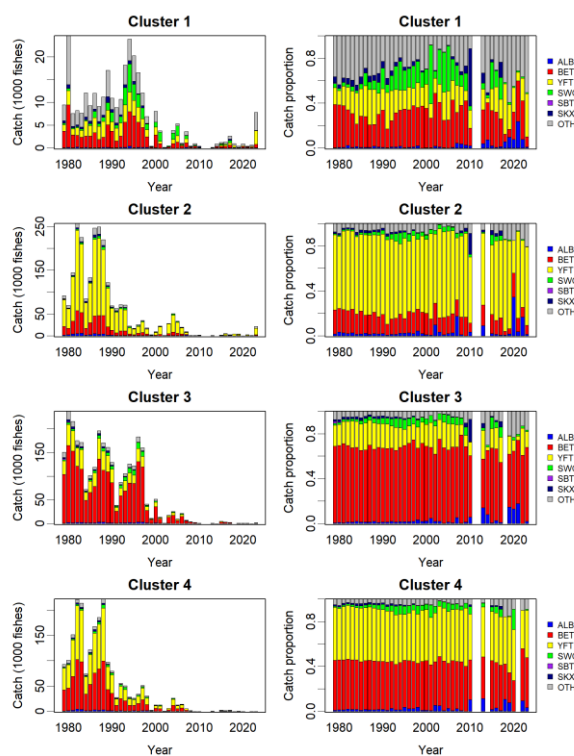


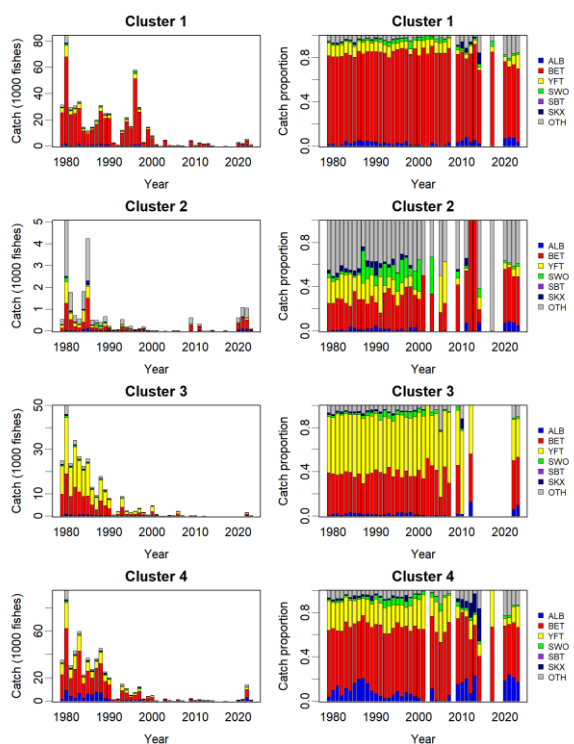
Figure A3(a). Composition par espèce pour chaque cluster dans les pêcheries japonaises.

b) Korean fisheries

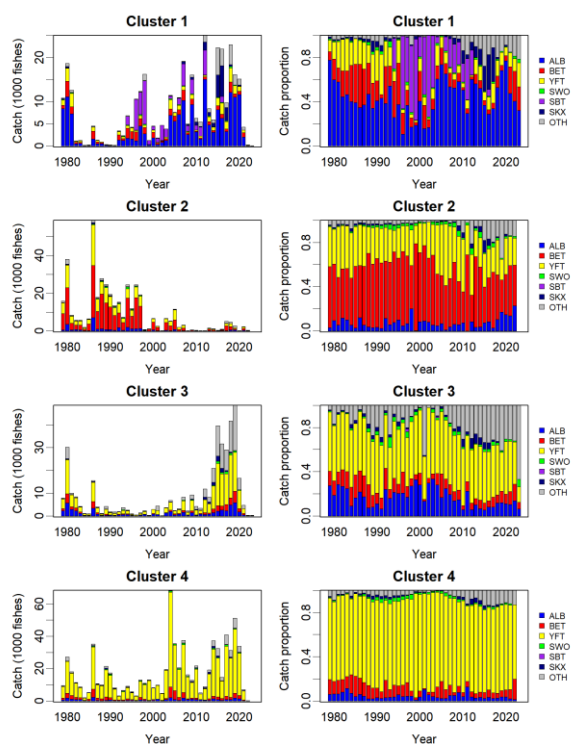
R1b



R4



R2



R3

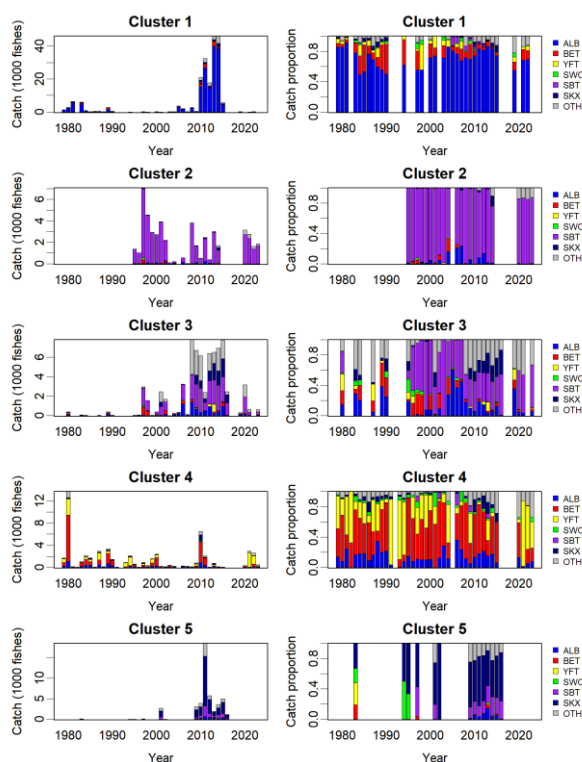
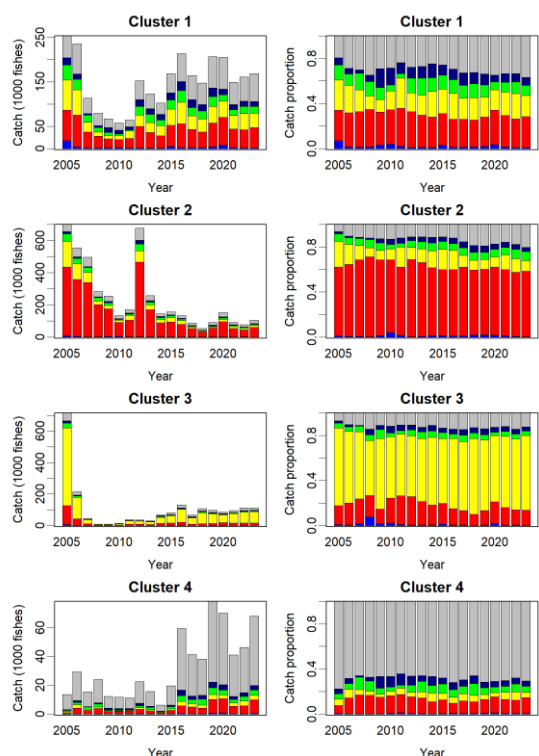


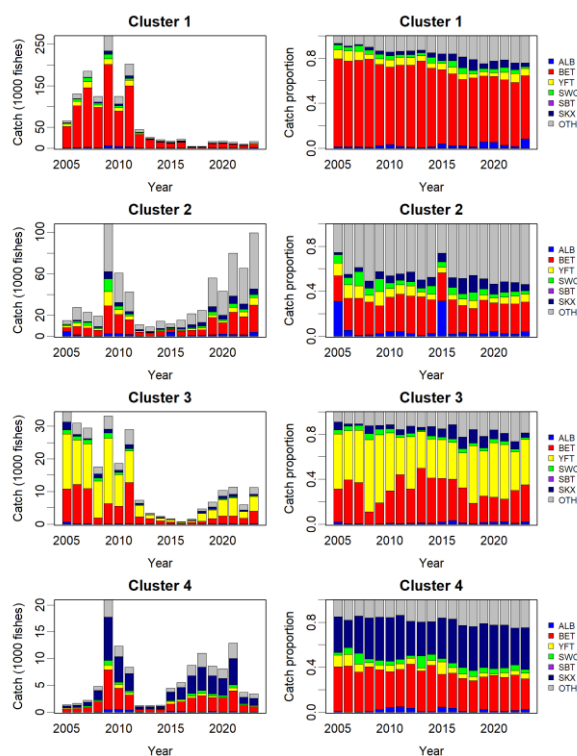
Figure A3(b). Composition par espèce pour chaque cluster dans les pêcheries coréennes.

c) Taiwanese fisheries

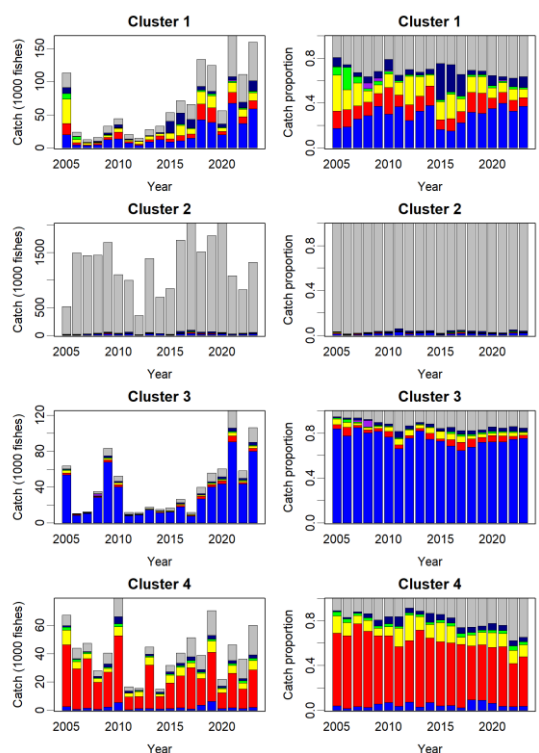
R1b



R4



R2



R3

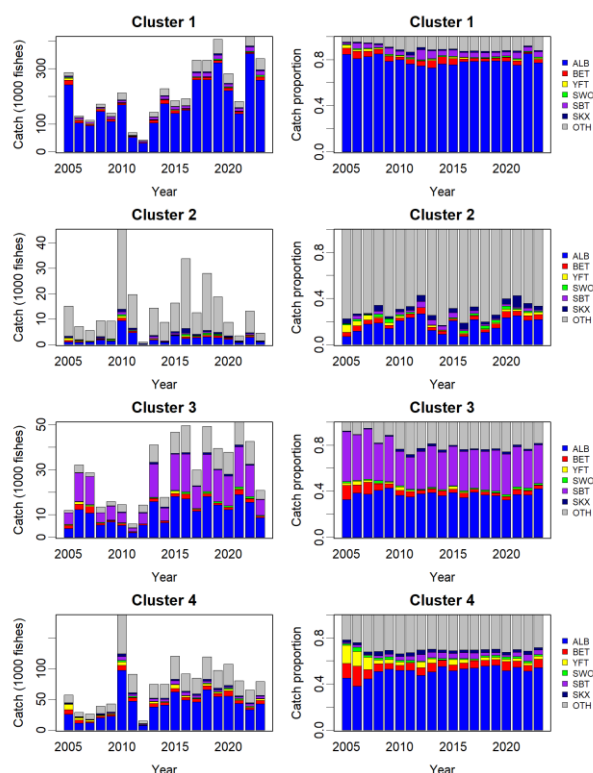


Figure A3(c). Composition par espèce pour chaque cluster dans les pêcheries taiwanaises.

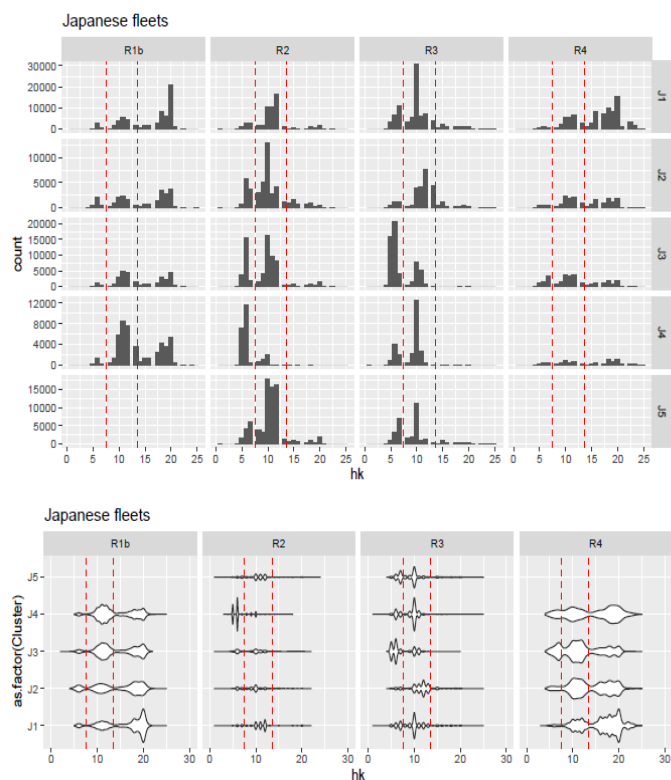


Figure A4 (a). Relation entre les hameçons entre flotteurs (HBF) et les clusters dans les données des pêcheries japonaises pour chaque région.

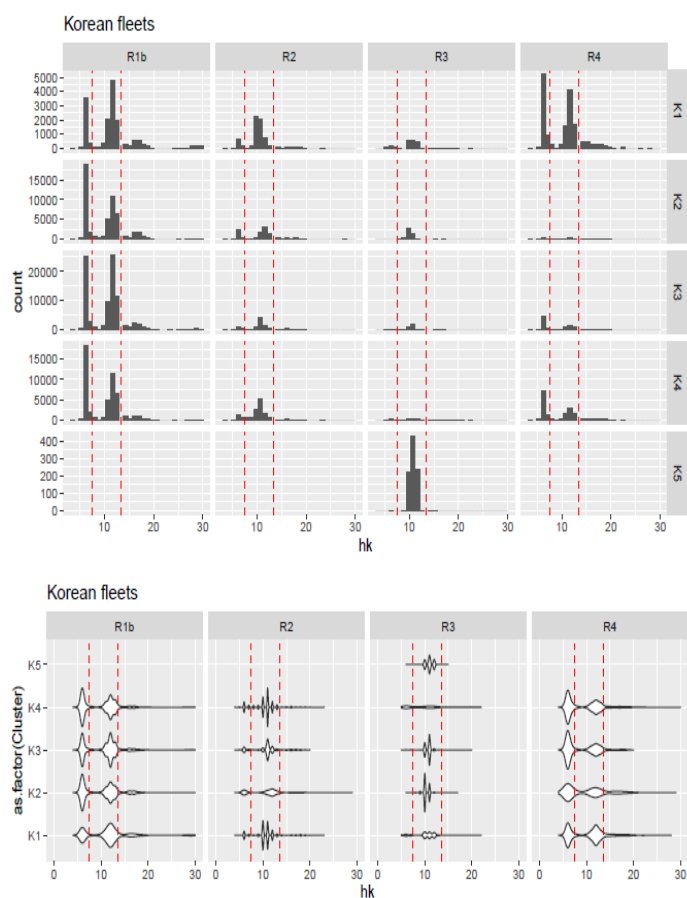


Figure A4 (b). Relation entre les hameçons entre flotteurs (HBF) et les clusters dans les données des pêcheries coréennes pour chaque région.

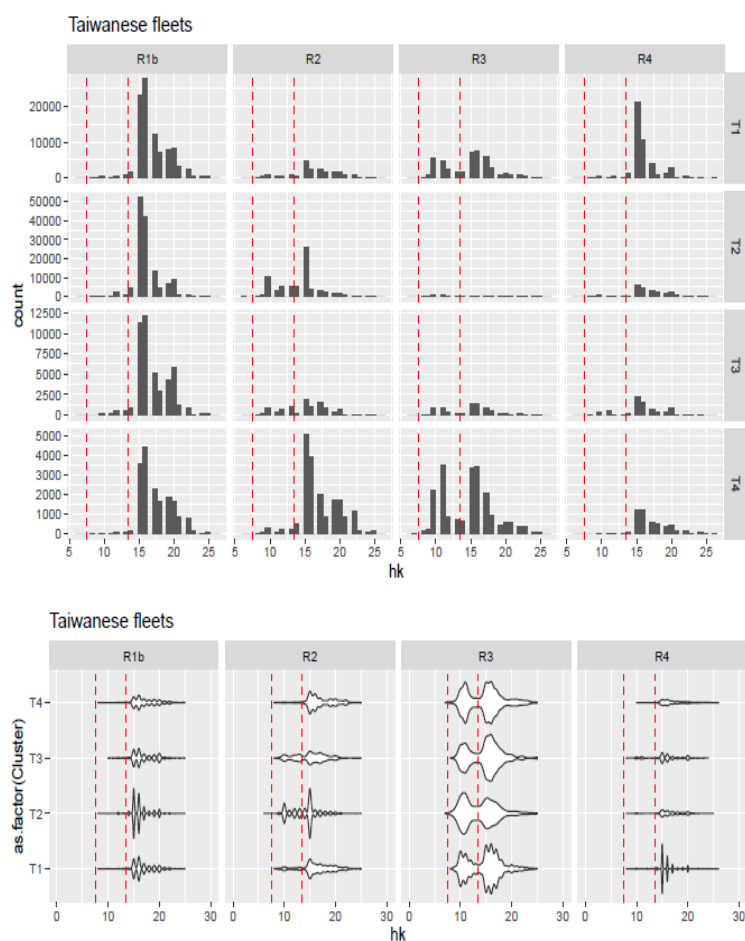
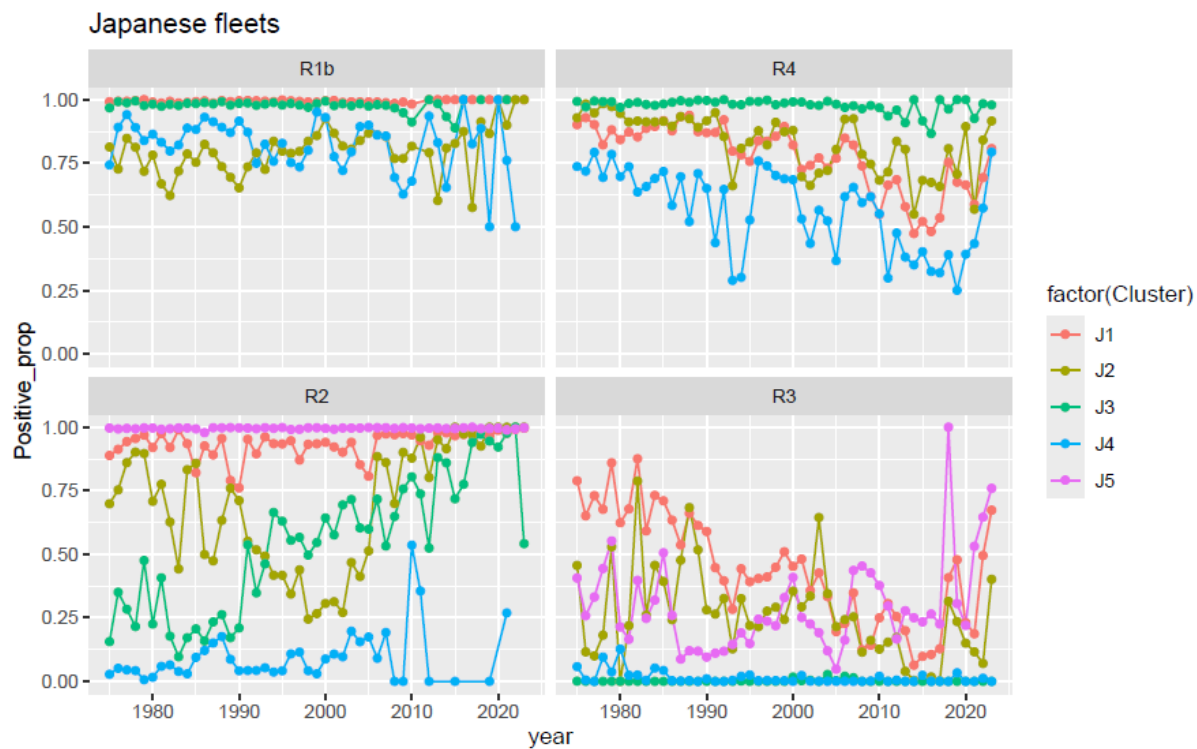


Figure A4 (c). Relation entre les hameçons entre flotteurs (HBF) et les clusters dans les données des pêcheries taïwanaises pour chaque région.

a) Japan

Cluster



HBF

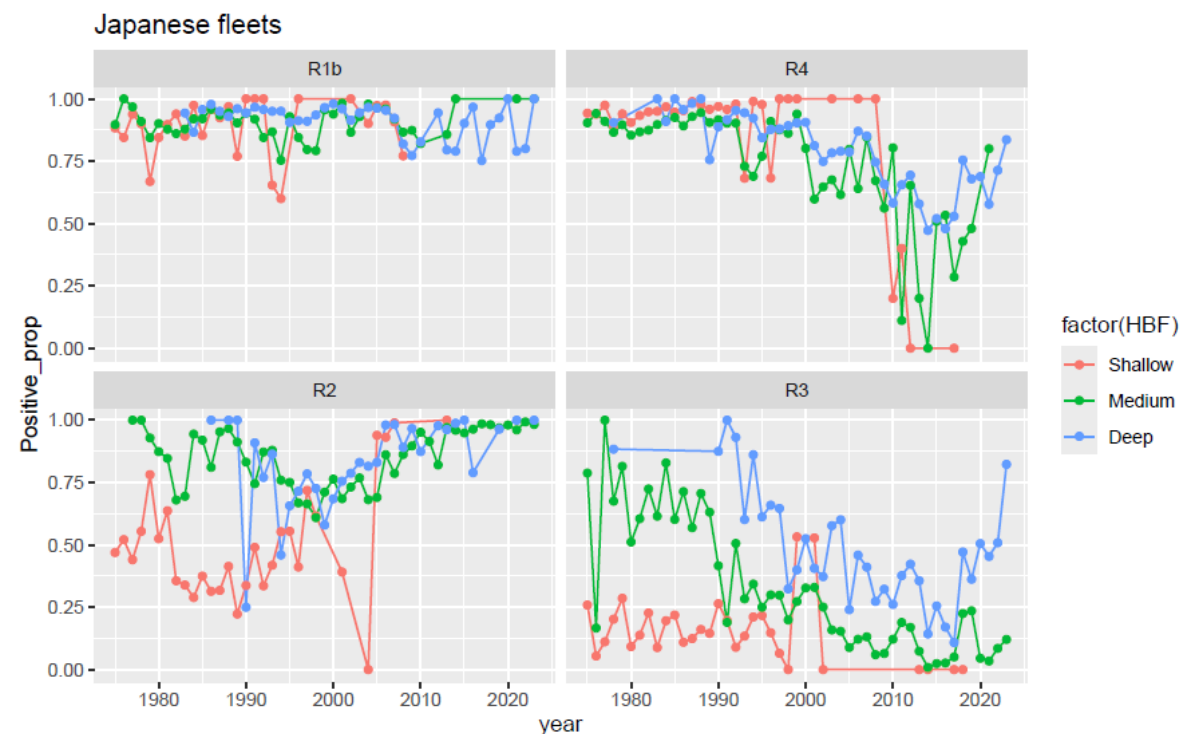
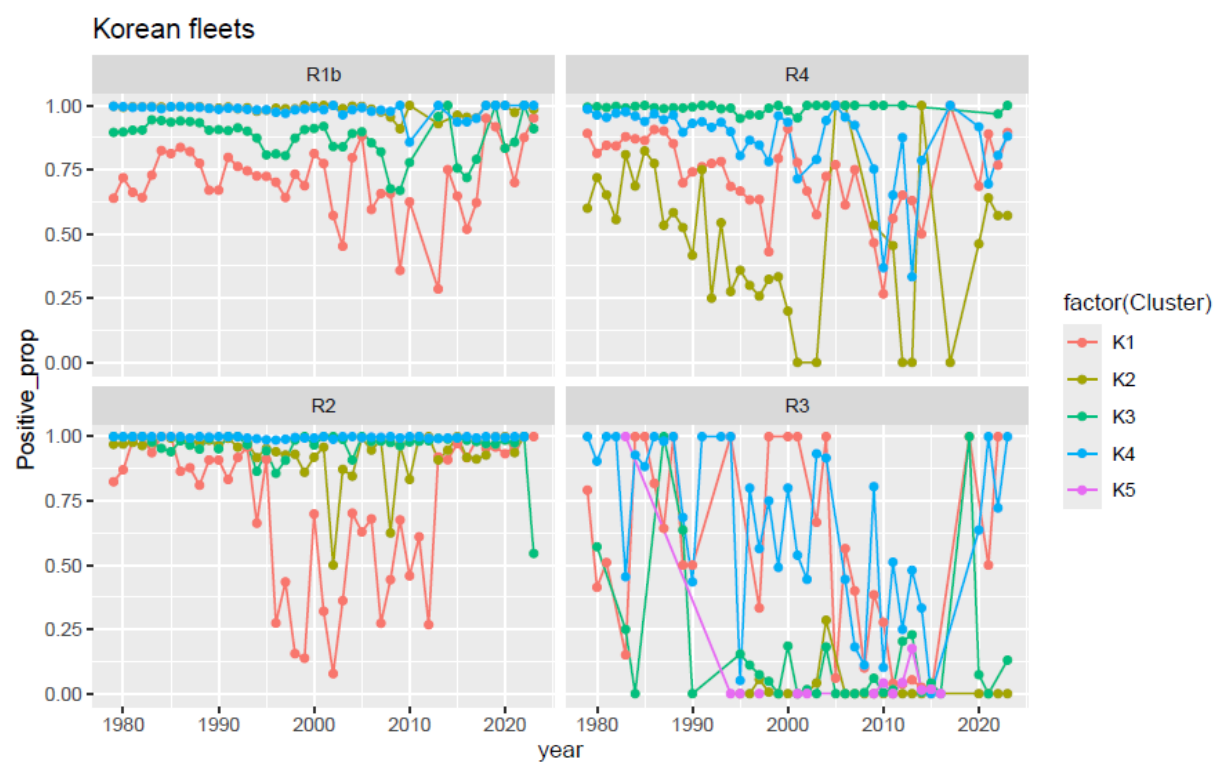


Figure A5(a). Séries temporelles des probabilités de captures positives dans les pêcheries japonaises.

b) Korea

Cluster



HBF

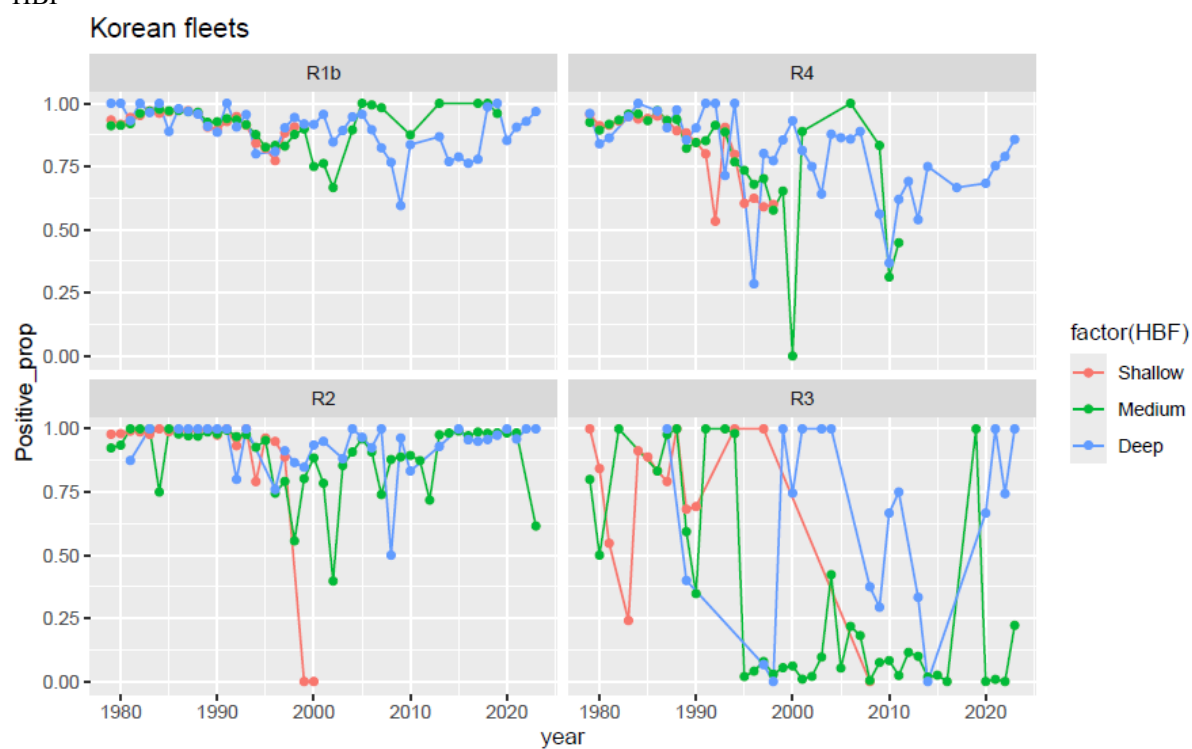
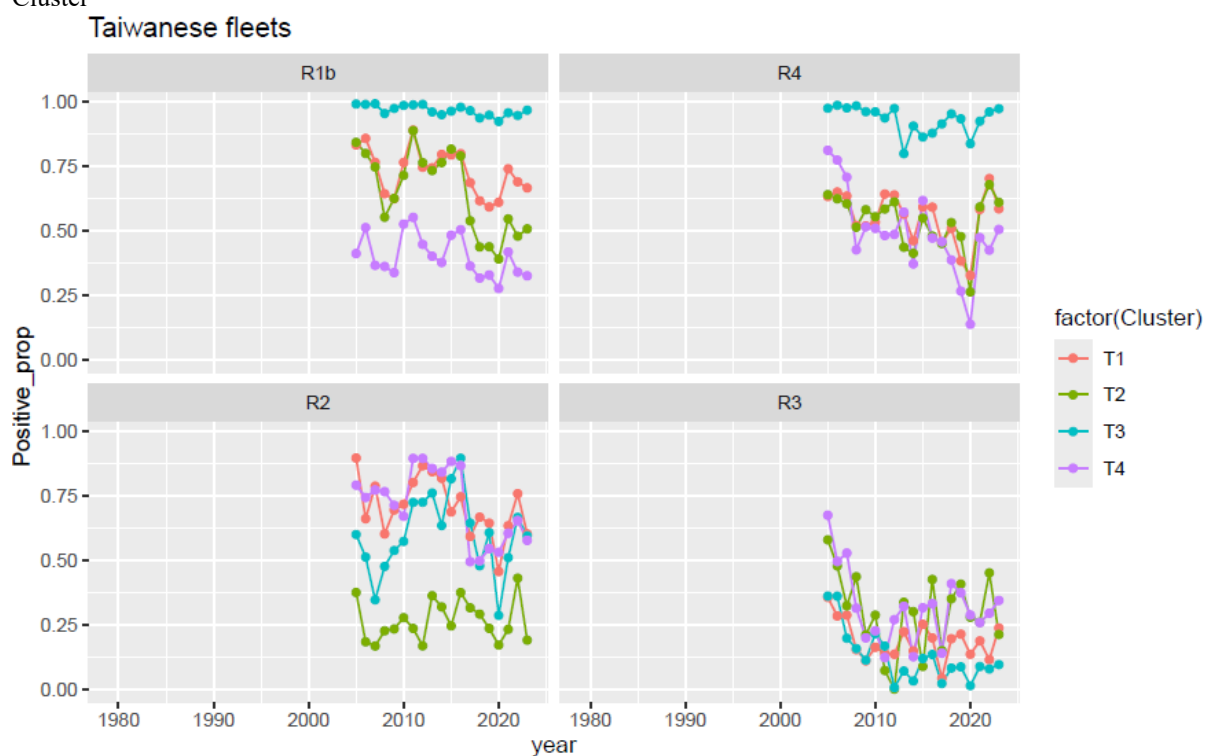


Figure A5(b). Séries temporelles des probabilités de captures positives dans les pêcheries coréennes.

c) Taiwan

Cluster



HBF

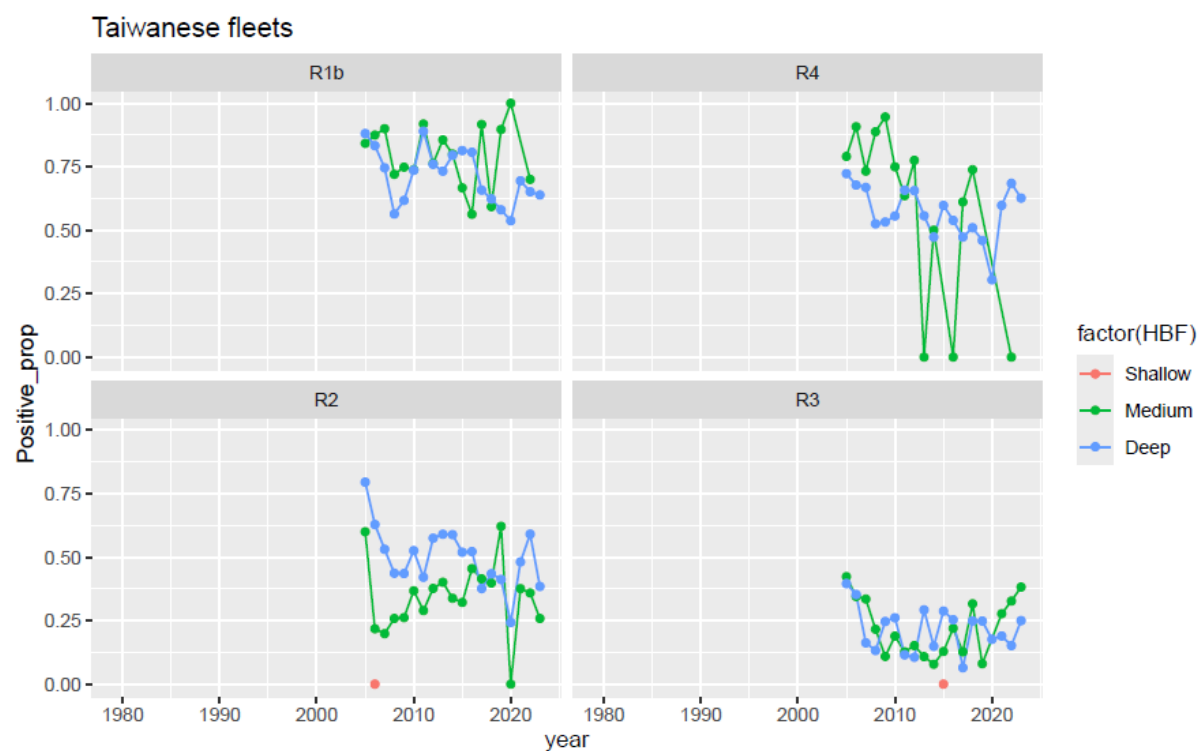


Figure A5(c). Séries temporelles des probabilités de captures positives dans les pêcheries taïwanaises.