

Evaluation 2023 du stock de vivaneau rouge en Guyane française

Juillet 2023

Rapport préparé par Morgana Tagliarolo¹
Relecture; Alain Biseau², Fabian Blanchard¹

1 Ifremer, UMSR LEEISA, CNRS, Université de Guyane, Ifremer

2 Coordination des expertises halieutiques, Ifremer

RBE/BIODIVHAL/MT 23-060

Sommaire

1. Description de l'activité de pêche.....	3
2. Données disponibles.....	4
2.1. Captures et effort.....	4
2.2. Indice d'abondance.....	5
2.3. Compositions en tailles.....	6
2.4. Biologie.....	8
3. Modèle structuré par âge basé sur la taille : Stock Synthesis	9
3.1. Configuration du modèle	9
3.2. Résultats du modèle	10
4. Discussion générale	12
4.1. Incertitudes et suggestions d'amélioration	12
4.2. Synthèse des résultats de l'évaluation	13
4.3. Gestion.....	13
5. Conclusion.....	15
6. Références	16
7. Annexes	18

1. Description de l'activité de pêche

En 2022, 1072 tonnes de vivaneaux éviscérés ont été débarquées en Guyane, dont 87% de vivaneau rouge (936 tonnes). Les autres espèces de vivaneau concernées par cette pêcherie sont le vivaneau ti-yeux (*Rhomboplites aurorubens*) et le vivaneau rayé (*Lutjanus synagris*). Les thazards (6 tonnes débarquée en 2022) et les mérours (2 tonnes débarquée en 2022) constituent aussi des captures accessoires de ces flottilles. Cette évaluation porte uniquement sur le **vivaneau rouge** (*Lutjanus purpureus*) qui constitue l'espèce cible, la plus abondante dans les débarquements de la pêcherie de vivaneaux pratiquée par les ligneurs vénézuéliens en Guyane Française.

Le vivaneau rouge (*L. purpureus*) est considéré comme formant un stock unique en Guyane. Parmi les différentes **flottilles** de pêche présentes en Guyane, trois sont connues pour capturer cette espèce : les ligneurs vénézuéliens, les caseyeurs antillais et les chalutiers crevettiers. Les ligneurs vénézuéliens réalisent la majorité des captures de ce stock et les deux autres activités de pêche sont faibles et se sont progressivement réduites.

Les **ligneurs** pêchent le vivaneau rouge principalement entre 30 et 200m de profondeur avec des lignes à main portant plusieurs hameçons de tailles différentes (Caro Anthony 2011). En raison de l'engin utilisé par les pêcheurs vénézuéliens on estime que les rejets de vivaneau rouge par ce métier sont négligeables.

Les captures accessoires par les **chalutiers crevettiers** ne sont pas considérées dans cette étude ; elles concernent des jeunes vivaneaux (entre 8 et 30 cm) et ont été estimées en diminution depuis 2002 (Caro and Lampert 2011) ; elles représentaient, en 2007, environ 6% des captures totales (Caro and Lampert 2011). Les données historiques des captures accessoires des vivaneaux rouges par les crevettiers et leurs distributions en taille ne sont malheureusement pas disponibles. Cette année, pour la première fois, des informations partielles sur les captures de vivaneau par les chalutiers crevettiers ont pu être obtenues car les pêcheurs commencent à débarquer du poisson avec les crevettes. En 2022, 3 crevettiers sur les 7 actifs ont déclaré avoir débarqué 62 kg de *L. purpureus*. Malheureusement, aucune information n'est disponible sur les autres crevettiers ni sur des éventuels rejets en mer.

Les captures de vivaneaux rouge par les **caseyeurs antillais** (incluses dans cette étude pour 2019-2022) sont en baisse et ont été estimé autour de 35 tonnes pour 2022 (66 tonnes en 2020 et 43 en 2021, données fournies par la Direction de la Mer Martinique et SACROIS). Les distributions en taille des vivaneaux capturés par les caseyeurs antillais ne sont pas disponibles.

Aujourd'hui, la pêcherie est gérée uniquement par un contingentement de l'accès (nombre de licences, cf. Décision du Conseil de L'Union Européenne 2015/1565). Le nombre de licences, attribuées en totalité aux ligneurs vénézuéliens, est stable depuis 2012, avec 45 licences disponibles pour les eaux guyanaïses. La réglementation actuelle oblige les navires vénézuéliens à débarquer 75% de leur pêche en Guyane, mais aucun contrôle n'est effectué pour vérifier ce pourcentage.

Une pêche illégale existe mais n'est pas quantifiée.

2. Données disponibles

2.1. Captures et effort

Les quantités débarquées en Guyane par les ligneurs vénézuéliens sont estimées à partir des débarquements par marée et par espèce fournis par les usiniers et armateurs depuis 1986. Les estimations des débarquements de 1976 à 1985 ont été obtenues à partir des rapports historiques (Tous 1988; Perodou and Berti 1990). Les captures des caseyeurs antillais sont disponibles seulement depuis 2019 car partielles pour les années précédentes. La part des débarquements réalisés par les crevettiers n'est pas prise en compte dans l'évaluation, car elle constitue une partie marginale et les données ne sont pas disponibles. Les captures et l'effort des bateaux illégaux ne sont pas connus.

Pour l'évaluation, les tonnages débarqués en Guyane par les ligneurs ont été corrigés pour tenir compte de la part (réglementairement 25%) des poissons pêchés dans les eaux guyanaises mais débarqués à l'étranger, en faisant l'hypothèse que les poissons débarqués à l'étranger ont la même composition en taille que les animaux mesurés au débarquement en Guyane.

Les données d'effort des navires vénézuéliens dans les eaux guyanaises (jours en mer par année) sont disponibles depuis 1986. L'effort a été estimé à partir des fiches de pêche déclaratives croisées avec les données des balises VMS, croisées avec les déclarations volontaires des usiniers présents en Guyane et les données extrapolées de SACROIS si nécessaire. Il faut noter que pour les années 2020 et 2021 il y avait 3 ou 4 bateaux sans VMS active mais ce problème ne s'est pas présenté en 2022.

Les captures de vivaneau rouge (quantité débarqué en Guyane de poisson entier plus les 25% débarqué à l'étranger) estimé pour 2022 (1425 tonnes) sont en baisse de 12% par rapport à l'année dernière (baisse de 47% par rapport au pic de 2019) et sont, pour la première fois, inférieurs à la moyenne historique (à partir de 1986) de 1589 tonnes ; le nombre de jours de mer en 2022 (3969 jours) est aussi en baisse de 4% et reste inférieur à la moyenne historique annuel (4315 jours) (Fig. 1).

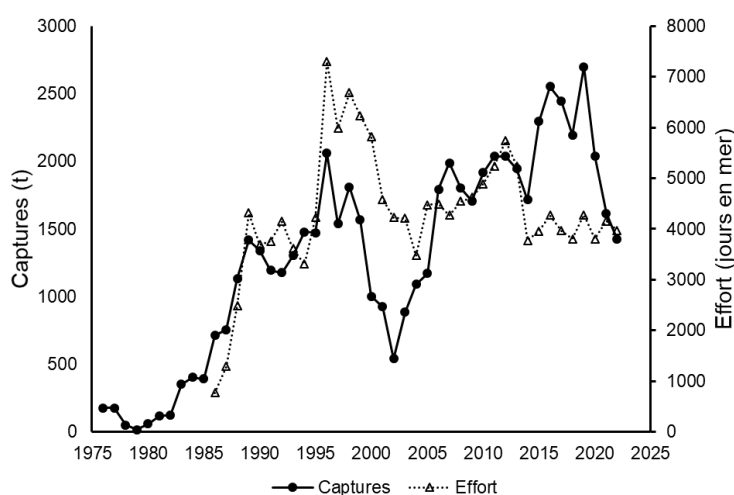


Fig. 1. Série historique des captures et d'effort de vivaneau rouge des navires vénézuéliens dans les eaux guyanaises.

2.3. Compositions en tailles

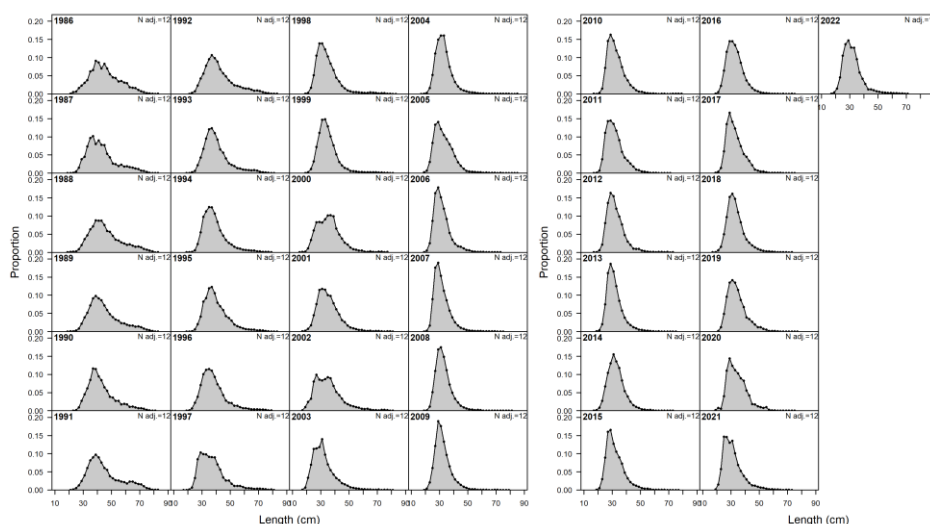


Fig. 4. Distribution en taille des poissons pêché par les ligneurs vénézuéliens et débarqué en Guyane depuis 1986.

Les données des structures en taille des captures sont disponibles depuis 1986 (Fig. 4). Ces informations sont collectées dans le cadre du programme « Echantillonnage Biologique » du Système d'Information Halieutique (SIH) de l'Ifremer au débarquement des bateaux. Le nombre de bateaux et poissons échantillonnés varie selon les années en fonction des améliorations (optimisations) du protocole d'échantillonnage. Depuis 2018, environ deux opérations d'échantillonnage par mois sont effectuées afin de mesurer des échantillons d'environ 150 kg de poisson par bateau (entre 1 et 3 bateaux par opération). Un nouveau protocole est à l'étude pour une possible mise en place d'un échantillonnage biologique en usine et non au débarquement. En 2022 deux bateaux ont été échantillonnés à l'usine pour le mois de novembre mais pour le moment les données ne sont pas suffisantes pour une comparaison entre les deux méthodes.

Les mâles et femelles ne sont pas distinguables au débarquement (les individus étant éviscérés), donc le modèle est appliqué sur l'ensemble des captures, sexes confondus. En l'absence d'information sur la distribution en taille des poissons pêchés par les caseyeurs et de la part (25%) des poissons pêchés dans les eaux guyanaises mais débarqués à l'étranger, on suppose que la composition en taille est la même que pour les animaux débarqués en Guyane.

Pour l'année 2022 les données de taille n'étaient pas disponibles pour le mois de janvier et décembre; afin de reconstruire la totalité des captures les données de distribution en taille de mois de février et novembre ont été utilisées.

La taille moyenne des individus débarqués s'est réduite depuis le début de la série (Fig. 5). De 2003 à 2017, cette taille est stable. Les tailles moyennes en 2021 et 2022 sont les plus faibles de la série. Les individus les plus grands (>80 cm) ne sont plus présents dans les débarquements depuis 2006 laissant place à une majorité d'individus d'environ 33-35 cm. Depuis 2021 la taille maximale mesurée est inférieure à 75 cm.

L'évolution des structures en taille de captures peut être le reflet d'une modification des pratiques de pêche (changement de zones de pêche, modification de la sélectivité) et/ou de modification

de la structure démographique de la population du fait de son exploitation. Cependant, l'analyse des données des fiches de pêche conduite par Rivot *et al.* (2000) n'a pas révélé de modifications dans la distribution de l'effort de pêche sur la première partie de la série. Malgré la zone de pêche semble être de plus en plus réduite dans les dernières années, aucun changement de technique de pêche justifiant la réduction des tailles des captures dans les deux dernières années n'a été signalé. De plus, aucune information n'est disponible sur d'éventuels changements dans la taille des hameçons utilisés au cours du temps, ce qui engendrerait un changement de sélectivité. Il n'est donc pas possible, avec les données actuelles, d'exclure que la diminution de la taille moyenne dans les débarquements soit la conséquence d'une mortalité par pêche en augmentation.

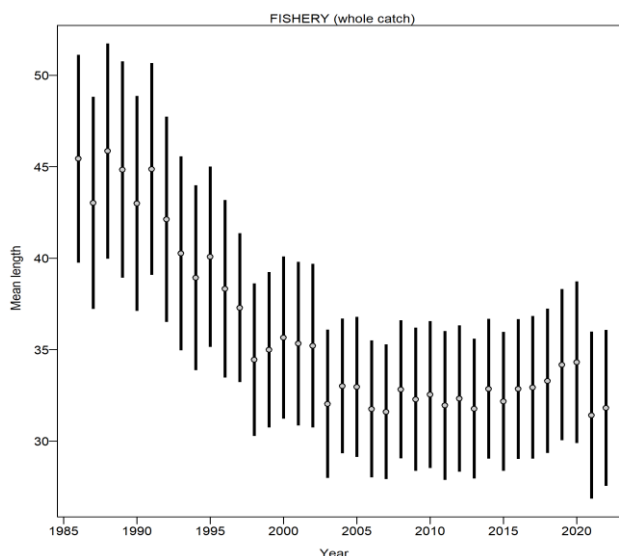


Fig. 5. Evolution de la longueur à la fourche des vivaneaux rouges débarqués en Guyane. Taille moyenne et 95% intervalle de confiance basée sur la taille de l'échantillon (12 échantillons dans l'année).

2.4. Biologie

La croissance a été modélisée en suivant la fonction de von Bertalanffy avec des paramètres de croissance similaires à ceux utilisés dans le modèle de type VPA avant 2019 (Rivot et al. 2000; Caro and Lampert 2011). Les autres paramètres des traits d’histoire de vie ont été estimés à partir de la littérature sur cette espèce ou sur des espèces proches (Table 1).

Table 1: paramètres des traits d’histoire de vie utilisé dans cette évaluation.

von Bertalanffy growth coefficient (k)	0.12 year ⁻¹	(Rivot et al., 2000)
von Bertalanffy asymptotic length (L _{inf})	105 cm	(Rivot et al., 2000)
length-weight allometric parameter (b)	2.95455	(Lampert, Achoun, & Levrel, 2013)
length-weight scaling parameter (a)	1.97E-05	(Lampert et al., 2013)
maximum age	13 year	(Rivot et al., 2000)
maximum length	88 cm	(Rivot et al., 2000)
Length at 50% maturity	32 cm	

Les paramètres de mortalité naturelle et steepness ont été fixés à 0.39 et 0.7 respectivement suite aux analyses de sensibilité du modèle 1976-2018 (Tagliarolo et al. 2021).

3. Modèle structuré par âge basé sur la taille : Stock Synthesis

3.1. Configuration du modèle

Le stock de vivaneau rouge est évalué en utilisant un modèle de dynamique de population Stock Synthesis, SS3 (version: 3.30.19.01 avec r4ss version: 1.44.0) (Methot 2009). SS3 est un modèle statistique structuré en âge capable d'inclure plusieurs sources de données et d'incertitudes. Ce modèle est particulièrement adapté dans des situations à données limitées, pas de données d'âge, pas de données indépendantes de la pêche (Methot Jr and Wetzel 2013). Le modèle SS3 a été mis en place dans le cadre du groupe de travail « crevettes et poissons de fond » de la COPACO. La paramétrisation et les analyses de sensibilité sont illustrés dans Tagliarolo et al. (2021).

Les observations et paramètres principaux utilisés dans le modèle sont les suivants : estimations de capture (1976-2022), CPUE (1986-2022), distributions en tailles (1986-2022), paramètres de croissance (littérature), paramètres de reproduction (estimations, littérature) et forme de la courbe de sélectivité : une sélectivité « dome shape » a été choisie pour mieux représenter ce type de pêche capable de cibler une partie de la population (ni les tout petits, ni les très gros) par le choix des tailles d'hameçons.

Le modèle utilisé dans les rapports précédents permettait un ajustement des paramètres de sélectivité (avant et après 1997) afin de mieux représenter le changement rapide en classes de taille au débarquement observé à la fin des années 90. Pour cette année, un nouveau block de sélectivité a été rajouté (2021-2022) afin de mieux représenter le nouveau changement rapide des classes de taille débarquées dans les deux dernières années. Cette modification dans la sélectivité ne peut pas être validé par des données historiques de changement des pratiques mais elle permet d'obtenir un meilleur ajustement aux données de taille (Tagliarolo 2020). Les résultats principaux des deux modèles (A= deux blocks et B=trois blocks) sont présenté dans ce rapport afin de pouvoir comparer les deux modèles. La séparation en périodes conduit le modèle à estimer les paramètres de sélectivité pour chacune des périodes (Fig. 6).

Un certain nombre de paramètres inconnus sont estimés par le modèle à partir des valeurs initiales. Le modèle s'ajuste en plusieurs phases pour une optimisation séquentielle, les paramètres ne sont pas tous estimés en même temps pour éviter un trop grand nombre d'inconnus. Dans le modèle utilisé, sont estimés les paramètres suivants : le taux reproductif net ($LN(R0)$) et sélectivité (peak, logit, ascendant and descendent).

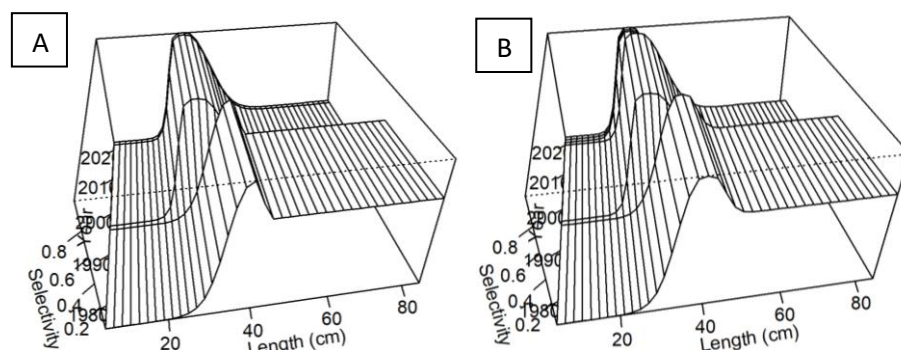


Fig.6. Changement de sélectivité (fraction retenue) (A= deux blocks et B=trois blocks).

3.2. Résultats du modèle

La mortalité par pêche a fortement augmenté au début de la période considérée mais reste relativement stable depuis les années 2000 (Fig. 7).

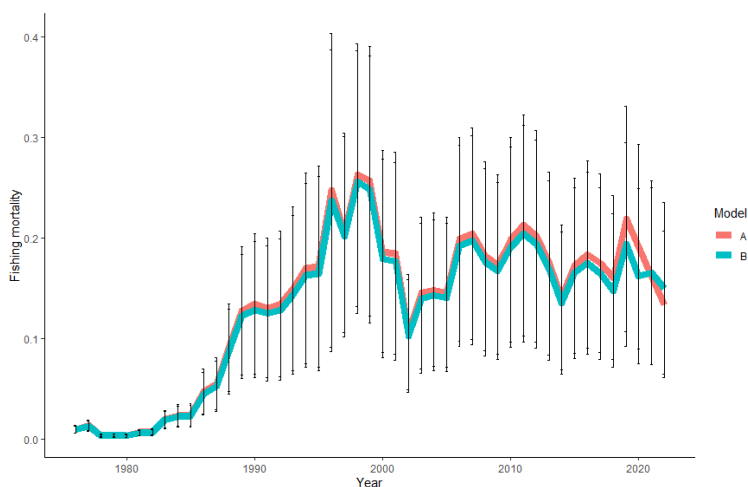


Fig. 7. Mortalité par pêche estimée par le modèle (moyenne sur tous les âges) (A= deux blocks et B=trois blocks).

La biomasse totale a très fortement chuté dans les années 1980-2000 et, après une hausse entre 2000 et 2015, elle est estimée se stabiliser à un niveau similaire à celui du milieu des années 2010 (Fig. 8).

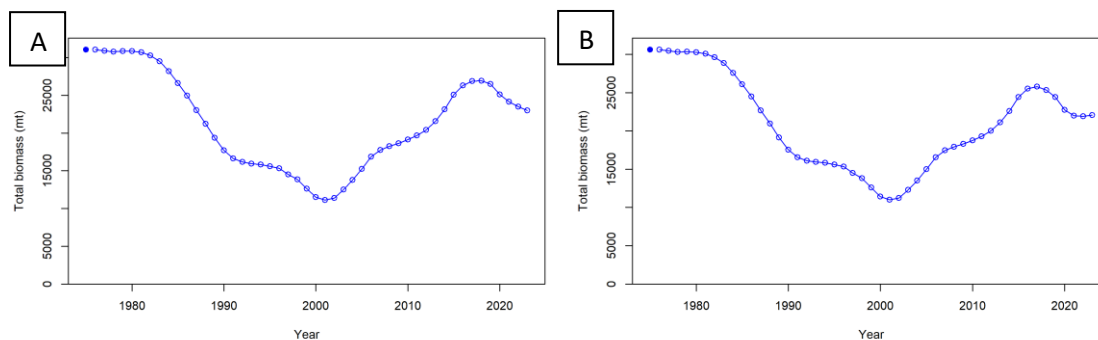


Fig. 8. Biomasse estimée par le modèle(A= deux blocks et B=trois blocks).

Le recrutement est globalement en baisse depuis le pic de 2013 mais est toujours supérieur à celui des années 1990-2000 (Fig. 9).

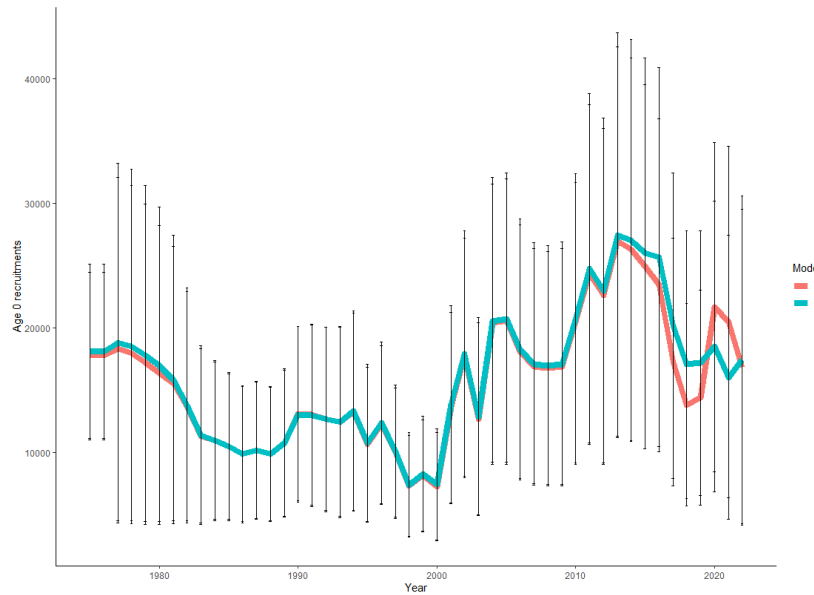


Fig. 9. Recrutement à l'âge 0 \pm SD (A= deux blocks et B=trois blocks).

L'état relatif du stock (biomasse des reproducteurs actuel/biomasse des reproducteurs initiale) indique que la biomasse en 2022 est entre 63 et 72% de la biomasse estimée au début de la pêche selon la configuration du modèle (Fig. 10).

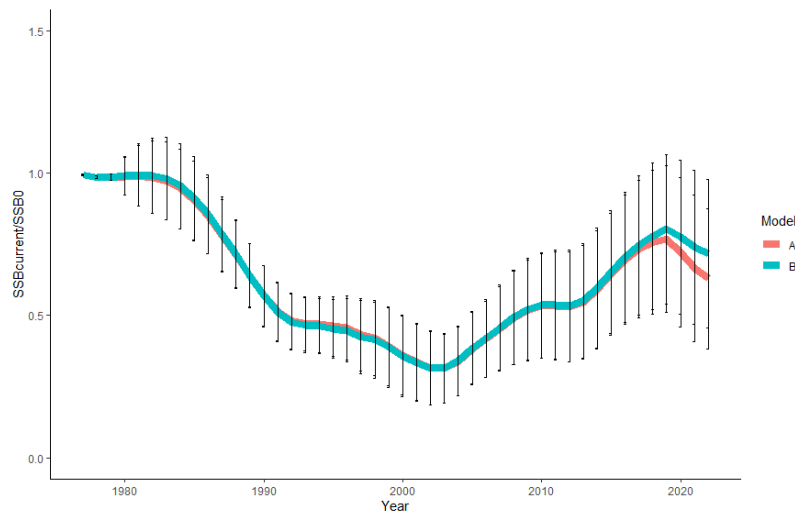


Fig. 10. Biomasse relative des reproducteurs (A= deux blocks et B=trois blocks).

Les données disponibles sont trop incertaines et le modèle trop sensible aux hypothèses pour fournir des valeurs de référence (MSY).

4. Discussion générale

4.1. Incertitudes et suggestions d'amélioration

Les modèles testés sont fortement influencés par les données disponibles et leur incertitude. Un projet pour contribuer à lever ces incertitudes est en cours de construction en concertation avec la DGTM de Guyane et le CRPMEM de Guyane. Un projet sur la pêche illégale est aussi en cours de validation.

Donnés	Incertaines	Suggestions
Captures	<ul style="list-style-type: none"> Les captures des crevettiers ne sont pas disponibles Les captures des caseyeurs sont disponibles seulement pour les années les plus récents Aucune information n'est disponible pour la partie des captures non débarquée en Guyane permettant de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse d'un strict respect de la réglementation (75% Guyane -25% étranger) Absence d'information sur les captures effectués par les pêcheurs illégaux 	<ul style="list-style-type: none"> Obligation de déclaration des poids des vivaneaux pêchés par les chalutiers Reconstruction historique avec les données fragmentaires des caseyeurs en Guyane Augmentation la part de la capture débarquée en Guyane (actuellement 75%) et/ou obligation de déclaration des poids par espèce Répression et suivie des activités illégales
CPUE	<ul style="list-style-type: none"> Unité d'effort peu précise (jour de mer) Pas de standardisation Manque des données pour les crevettiers, caseyeurs et pêcheurs illégaux 	<ul style="list-style-type: none"> Obligation de déclaration du nombre d'hameçons, nombre des lignes et heures de pêche Exploration des données VMS disponibles pour améliorer les estimations de CPUE Etudes scientifiques (enquête sur les changements de pratiques de pêche, études sur la pêche illégale)
Composition en tailles	<ul style="list-style-type: none"> Pas des données sur les poissons capturés par les crevettiers ni par les caseyeurs Pas des données sur les animaux débarqué hors Guyane (25%) 	<ul style="list-style-type: none"> Imposition d'un échantillonnage des tailles de ces captures
Sélectivité	<ul style="list-style-type: none"> La sélectivité avec des blocks temporels est une hypothèse forte basé sur l'analyse des données en logeurs disponibles Les résultats du modèle sont sensibles aux option de sélectivité (Tagliarolo 2020) 	<ul style="list-style-type: none"> Etudes scientifiques (étude expérimentale avec différentes tailles d'hameçons, étude de la répartition spatiale du stock par classe de taille)
Biologie	<ul style="list-style-type: none"> Données anciennes ou empruntées à des stocks similaires ou à des espèces similaires 	<ul style="list-style-type: none"> Etudes scientifiques (identification des périodes de reproduction, mesures d'âge, analyses génétiques, révision des

4.2. Synthèse des résultats de l'évaluation

Des incertitudes existent mais il existe néanmoins quelques conclusions relativement robustes :

- La mortalité par pêche a fortement augmenté au début de la période étudiée mais reste relativement stable depuis 2000.
- La biomasse totale du stock a fortement chuté au début de la période et, après une hausse entre 2000 et 2015, elle est estimée se stabiliser à un niveau inférieur.
- La biomasse relative des reproducteurs diminue légèrement dans les dernières années.

4.3. Gestion

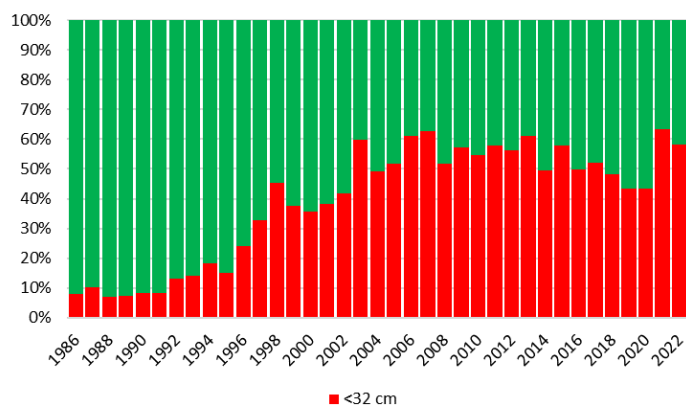


Fig. 11. Evolution historique du pourcentage des individus immatures capturés en Guyane.

Considérant le fait que 58% des individus capturés en 2022 dans les eaux guyanaises (avec une moyenne de 53% dans les 10 dernières années) sont sous la taille de 32 cm (taille à laquelle 50% des individus sont matures), fixer une taille minimale de débarquement permettrait de sensiblement réduire le nombre de petits poissons capturés et d'augmenter la production à terme et assurer le renouvellement du stock (Fig. 11).

La mise en place d'une taille minimale de débarquement pourrait ainsi inciter les pêcheurs à rechercher des bancs constitués d'individus plus grands à travers. En effet, les bancs de vivaneau rouge sont connus pour être constitués d'individus de taille homogène (Perodou and Berti 1990). Une telle mesure pourrait toutefois causer des rejets en mer des poissons sous taille minimale, avec un risque non négligeable de mortalité liée à la décompression (Rummer and Bennett 2005; Burns 2009). Des simulations seraient nécessaires pour estimer les changements de mortalité par âge en fonction de la valeur de la taille minimale au débarquement.

La mise en place d'une taille minimale des hameçons pourrait être envisagée pour limiter les captures des poissons de petite taille (Ralston 1990; Garner et al. 2020). En effet la taille de l'hameçon est généralement proportionnelle à la taille de la bouche du poisson qui est corrélée à la taille de l'animal mais l'efficacité des captures est souvent réduite pour les plus grands hameçons (Yamashita et al. 2009). Une étude sur les habitudes de pêche des pêcheurs, couplée

avec une étude expérimentale comparant les effets de l'utilisation de différentes tailles d'hameçons pourrait permettre la mise en place de nouvelle mesure de gestion pour mieux préserver les juvéniles.

Cependant, l'impact économique de mesures d'aménagement réduisant les captures de juvéniles pourrait être important. En effet, actuellement, la rentabilité des petits poissons est plus forte car le marché ciblé par les usiniers est le marché antillais du poisson dit 'portion'. Il y a donc un compromis à trouver entre un diagramme d'exploitation optimal d'un point de vue biologique et la rentabilité de la pêche.

La réglementation actuelle basée sur le nombre de licences ne semble pas la plus adaptée pour la gestion de cette pêche car l'effort de pêche, et les captures, ne dépendent que partiellement du nombre de ces licences puisque le nombre de marées réalisées dans l'année par un navire peut être très variable, de même que les captures par marée. En plus d'une gestion de cette activité de pêche par les licences, il pourrait être envisagé la mise en place d'un plafond de l'effort de pêche (nombre total de jours en mer), voire d'un Total Admissible de Captures (TAC) (tonnage), comme cela se fait avec succès dans l'Atlantique Sud avec une ouverture entre juillet et décembre et un quota annuel, nombre de poisson et poids, (NOAA 2018) serait sans doute difficile à contrôler dans la mesure où il existe une incertitude sur la réalité des 75% débarqués en Guyane.

5. Conclusion

Les données disponibles sont trop incertaines et le modèle trop sensible aux hypothèses pour préconiser des mesures de gestion quantitatives précises. En effet, la baisse soudaine de la taille moyenne dans les deux dernières années peut être expliquée par de très fortes recrutements ou pas une baisse de la sélectivité et l'absence des données indépendantes de la pêche ne nous permet pas de tirer des conclusions solides. Néanmoins la baisse récente de la biomasse et celle de la taille moyenne des captures en 2022 incitent à la prudence. Aussi, nous recommandons une baisse des possibilités de pêche pour 2024 qui, en l'absence de TAC, devrait se traduire par une diminution de l'effort de pêche, et donc du nombre de licences et/ou du temps de pêche par navire.

Il faut rappeler qu'un des principes base pour la gestion des pêcheries est d'assurer aux jeunes individus de pouvoir se reproduire au moins une fois avant d'être capturés. Quand les juvéniles constituent une partie importante des captures, deux options de maintien/amélioration du stock sont disponibles : garder une haute pression de pêche, mais réduire de façon importante l'exploitation relative des immatures, ou garder le même taux d'exploitation relative des immatures, mais réduire la pression de pêche totale (Vasilakopoulos et al. 2011).

Actuellement les captures de vivaneau rouge en Guyane sont largement constituées de juvéniles (individus de moins de 4 ans). Une population saine et capable de perdurer nécessite un mélange approprié de poissons d'âges différents avec un nombre adéquat de géniteurs. Le vivaneau rouge est une espèce avec une longue durée de vie qui peut atteindre plus de 20 ans et caractérisé par un taux de croissance modéré (Souza 2002; Babcock et al. 2018). La protection des juvéniles est donc indispensable pour permettre aux jeunes poissons de grandir et de devenir adultes, pour participer à leur tour à la reproduction. Il faut souligner que l'exploitation focalisée sur les immatures a débuté il y a environ 20 ans. Les individus reproducteurs plus âgés, recrutés avant 2000, sont maintenant proches de leur fin de vie, et leur renouvellement pourrait être mis en cause par la pression de pêche trop importante focalisée sur les juvéniles.

Il apparaît donc indispensable d'adopter des outils réglementaires permettant de réduire la mortalité par pêche des juvéniles. Un changement de sélectivité avec des tailles d'hameçon plus grandes ou une réduction de l'effort temporaire, devrait permettre d'augmenter la présence d'individus plus âgés susceptibles de garantir un renouvellement du stock plus rapide, car un individu de 80 cm est capable de produire 10 fois plus d'œufs qu'un individu de 46 cm (Rivot et al. 2000; Gallaway et al. 2009).

6. Références

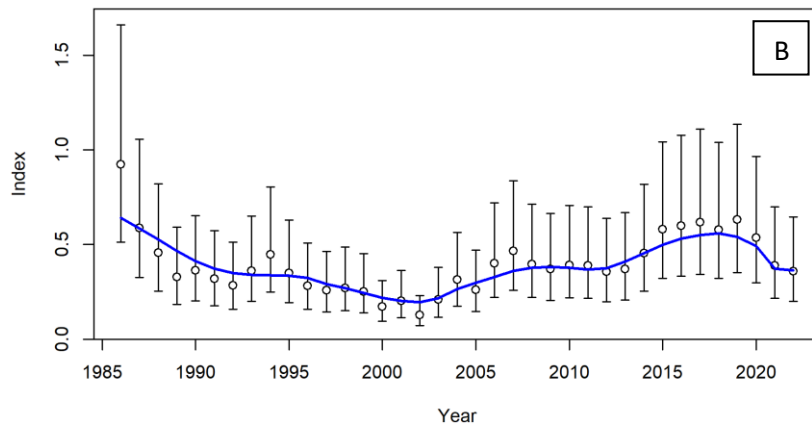
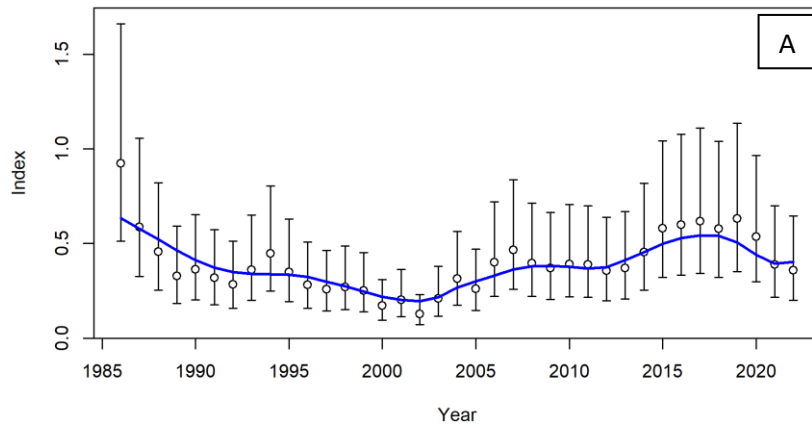
- Babcock EA, Tewfik A, Burns-Perez V (2018) Fish community and single-species indicators provide evidence of unsustainable practices in a multi-gear reef fishery. *Fisheries Research* 208:70–85. doi: 10.1016/j.fishres.2018.07.003
- Burns KM (2009) Evaluation of the efficacy of the minimum size rule in the red grouper and red snapper fisheries with respect to J and circle hook mortality, barotrauma and consequences for survival and movement.
- Caro A, Lampert L (2011) Description de la pêche vénézuélienne de vivaneaux dans la ZEE de Guyane et évaluation du stock de vivaneau rouge (*L. purpureus*) en 2010. Ifremer
- Caro Anthony LL (2011) Description de la pêche vénézuélienne de vivaneaux dans la ZEE de Guyane et évaluation du stock de vivaneau rouge (*L. purpureus*) en 2010.
- Gallaway BJ, Szedlmayer ST, Gazey WJ (2009) A life history review for red snapper in the Gulf of Mexico with an evaluation of the importance of offshore petroleum platforms and other artificial reefs. *Reviews in Fisheries Science* 17:48–67.
- Garner SB, Patterson WF, Walter JF, Porch CE (2020) Simulating effects of hook-size regulations on recreational harvest efficiency in the northern Gulf of Mexico red snapper fishery. *Fisheries Research* 228:105561. doi: 10.1016/j.fishres.2020.105561
- Manickchand-Heileman SC, Phillip DAT (1996) Reproduction, Age and Growth of the Caribbean Red Snapper (*Lutjanus purpureus*) In Waters off Trinidad and Tobago. 14.
- Methot Jr RD, Wetzel CR (2013) Stock synthesis: a biological and statistical framework for fish stock assessment and fishery management. *Fisheries Research* 142:86–99.
- Methot RD (2009) User manual for stock synthesis.
- NOAA (2018) NOAA Fisheries Announces Limited Opening of Recreational and Commercial Red Snapper Seasons in South Atlantic Federal Waters | NOAA Fisheries. /bulletin/noaa-fisheries-announces-limited-opening-recreational-and-commercial-red-snapper. Accessed 29 Aug 2018
- Perodou J-B, Berti L (1990) Gestion des stocks de vivaneaux (*Lutjanidés*) de la Guyane française : observations préliminaires. Ifremer
- Ralston S (1990) Size Selection of Snappers (*Lutjanidae*) by Hook and Line Gear. *Can J Fish Aquat Sci* 47:696–700. doi: 10.1139/f90-078
- Rivot E, Charuau A, Rose J, Achoun J (2000) La pêche du vivaneau rouge en Guyane. Un bilan de l'exploitation sous le régime vénézuélien, des techniques de capture à adapter et à développer.
- Rummer JL, Bennett WA (2005) Physiological effects of swim bladder overexpansion and catastrophic decompression on red snapper. *Transactions of the American Fisheries Society* 134:1457–1470.

- Souza RFC (2002) Dinâmica populacional do pargo, *Lutjanus purpureus* Poey, 1875 (Pisces: Lutjanidae) na plataforma Norte do Brasil. Universidade Federal do Pará
- Tagliarolo M (2019) Evaluation du stock de vivaneau rouge en Guyane Française. Ifremer
- Tagliarolo M (2020) Evaluation 2020 du stock de vivaneau rouge en Guyane Française.
- Tagliarolo M, Cope J, Blanchard F (2021) Stock assessment on fishery-dependent data: Effect of data quality and parametrisation for a red snapper fishery. *Fisheries Management and Ecology* 28:592–603. doi: 10.1111/fme.12508
- Tous PH (1988) Perspectives d'exploitation d'espèces nouvelles: la pêche au vivaneau.
- Vasilakopoulos P, O'Neill FG, Marshall CT (2011) Misspent youth: does catching immature fish affect fisheries sustainability? *ICES Journal of Marine Science* 68:1525–1534.
- Yamashita H, Shiode D, Tokai T (2009) Longline hook selectivity for red tilefish *Branchiostegus japonicus* in the East China Sea. *Fish Sci* 75:863–874. doi: 10.1007/s12562-009-0115-z

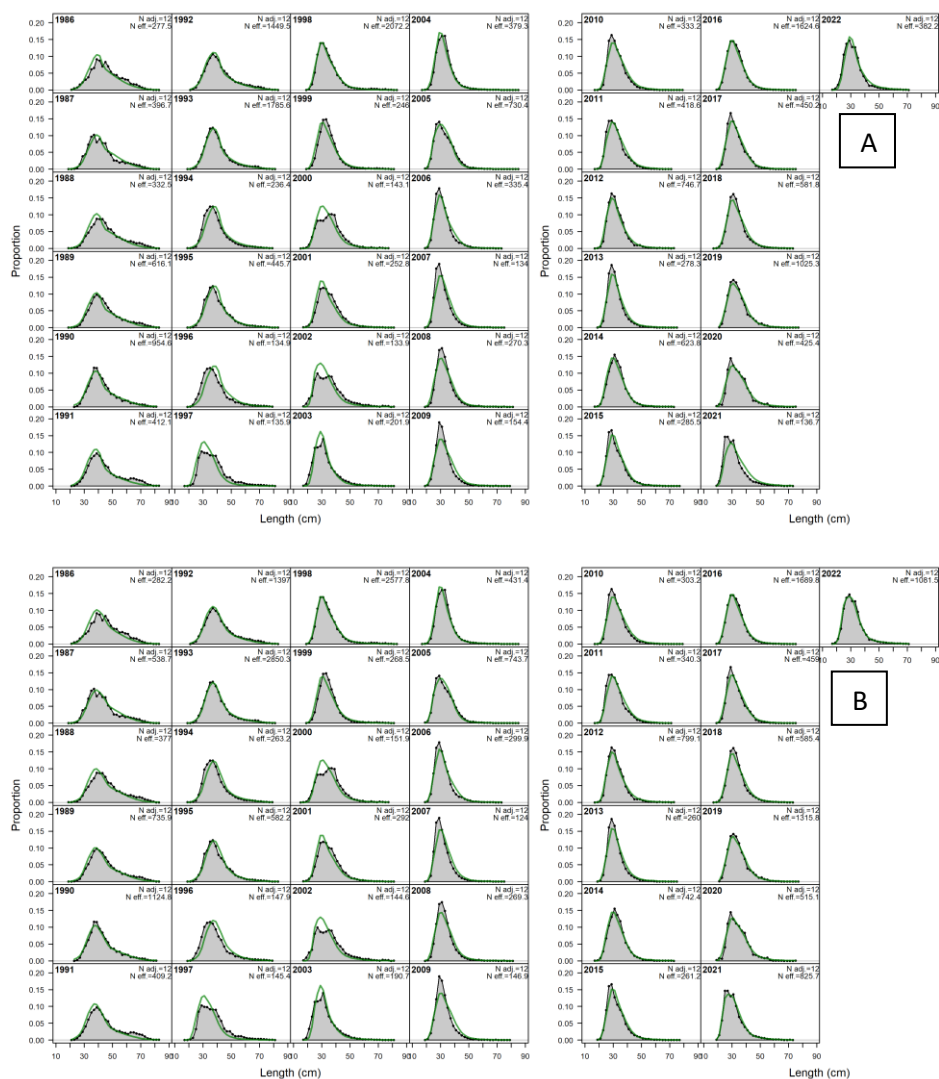
7. Annexes

Paramètre	Valeur	Phase	Min	Max	Initial	Utilisé	Status	Standard Dev	Type prior
NatM_p_1_Fem_GP_1	0.39	-5.00	0.00	0.60	0.39	0.39	NA		Log_Norm
L_at_Amin_Fem_GP_1	13.00	-3.00	5.00	25.00	13.00	13.00	NA		No_prior
L_at_Amax_Fem_GP_1	80.00	-3.00	30.00	89.00	80.00	80.00	NA		No_prior
VonBert_K_Fem_GP_1	0.12	-3.00	0.10	0.40	0.12	0.12	NA		No_prior
CV_young_Fem_GP_1	0.10	-5.00	0.03	5.00	0.10	0.10	NA		No_prior
CV_old_Fem_GP_1	0.10	-5.00	0.03	5.00	0.10	0.10	NA		No_prior
Wlen_1_Fem_GP_1	0.00	-99.00	0.00	3.00	0.00	0.00	NA		No_prior
Wlen_2_Fem_GP_1	2.95	-99.00	2.00	4.00	2.95	2.95	NA		No_prior
Mat50%_Fem_GP_1	32.00	-99.00	20.00	40.00	32.00	32.00	NA		No_prior
Mat_slope_Fem_GP_1	-1.00	-99.00	-2.00	4.00	-1.00	-1.00	NA		No_prior
Eggs/kg_inler_Fem_GP_1	1.00	-99.00	0.00	6.00	1.00	1.00	NA		No_prior
Eggs/kg_slope_wt_Fem_GP_1	0.00	-99.00	-3.00	5.00	0.00	0.00	NA		No_prior
NatM_p_1_Mal_GP_1	0.39	-5.00	0.00	0.60	0.39	0.39	NA		Log_Norm
L_at_Amin_Mal_GP_1	13.00	-2.00	5.00	25.00	13.00	13.00	NA		No_prior
L_at_Amax_Mal_GP_1	80.00	-2.00	30.00	89.00	80.00	80.00	NA		No_prior
VonBert_K_Mal_GP_1	0.12	-3.00	-1.00	1.00	0.12	0.12	NA		No_prior
CV_young_Mal_GP_1	0.10	-5.00	-5.00	5.00	0.10	0.10	NA		No_prior
CV_old_Mal_GP_1	0.10	-5.00	-5.00	5.00	0.10	0.10	NA		No_prior
Wlen_1_Mal_GP_1	0.00	-99.00	0.00	3.00	0.00	0.00	NA		No_prior
Wlen_2_Mal_GP_1	2.95	-99.00	2.00	4.00	2.95	2.95	NA		No_prior
CohortGrowDev	1.00	-99.00	0.00	2.00	1.00	1.00	NA		No_prior
FracFemale_GP_1	0.50	-99.00	0.01	0.99	0.50	0.50	NA		No_prior
SR_LN(R0)	9.79	1.00	3.00	31.00	10.00	10.00	OK	0.37	No_prior
SR_BH_steep	0.70	-4.00	0.20	1.00	0.70	0.70	NA		Sym_Beta
SR_sigmaR	0.60	-4.00	0.00	2.00	0.60	0.60	NA		No_prior
SR_regime	0.00	-4.00	-5.00	5.00	0.00	0.00	NA		No_prior
SR_autocorr	0.00	-99.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NA		No_prior
Main_RecrDev_1976	0.10	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.60	dev
Main_RecrDev_1977	0.08	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.60	dev
Main_RecrDev_1978	0.04	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.58	dev
Main_RecrDev_1979	-0.01	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.57	dev
Main_RecrDev_1980	-0.06	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.54	dev
Main_RecrDev_1981	-0.18	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.50	dev
Main_RecrDev_1982	-0.36	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.45	dev
Main_RecrDev_1983	-0.39	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_1984	-0.43	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_1985	-0.48	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_1986	-0.43	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_1987	-0.45	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_1988	-0.34	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_1989	-0.12	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_1990	-0.11	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_1991	-0.12	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_1992	-0.13	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.42	dev
Main_RecrDev_1993	-0.06	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_1994	-0.28	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_1995	-0.13	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.36	dev
Main_RecrDev_1996	-0.33	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.36	dev
Main_RecrDev_1997	-0.63	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.37	dev
Main_RecrDev_1998	-0.51	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.35	dev
Main_RecrDev_1999	-0.60	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.38	dev
Main_RecrDev_2000	0.05	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.35	dev
Main_RecrDev_2001	0.32	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.34	dev
Main_RecrDev_2002	-0.01	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.42	dev
Main_RecrDev_2003	0.45	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.37	dev
Main_RecrDev_2004	0.43	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.38	dev
Main_RecrDev_2005	0.28	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.39	dev
Main_RecrDev_2006	0.19	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.39	dev
Main_RecrDev_2007	0.17	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.39	dev
Main_RecrDev_2008	0.16	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_2009	0.35	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.38	dev
Main_RecrDev_2010	0.52	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.38	dev
Main_RecrDev_2011	0.45	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.42	dev
Main_RecrDev_2012	0.62	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_2013	0.58	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.42	dev
Main_RecrDev_2014	0.51	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_2015	0.44	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_2016	0.13	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.41	dev
Main_RecrDev_2017	-0.12	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_2018	-0.11	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.40	dev
Main_RecrDev_2019	0.29	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.42	dev
Main_RecrDev_2020	0.22	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.52	dev
ForeRecr_2021	0.01	1.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.59	dev
Impl_err_2021	0.00	5.00	-6.00	6.00	0.00	0.00	act	0.60	dev
LnQ_base_SURVEY1(2)	-9.94	-1.00	-7.00	5.00	0.52	0.52	NA		No_prior
Q_extraSD_SURVEY1(2)	0.00	-4.00	0.00	0.50	0.00	0.00	NA		No_prior
Size_DbIN_peak_FISHERY(1)	41.63	2.00	20.00	80.00	36.09	36.09	OK	2.74	No_prior
Size_DbIN_top_logit_FISHERY(1)	-6.65	3.00	-15.00	3.00	-0.97	-0.97	OK	146.14	No_prior
Size_DbIN_ascend_se_FISHERY(1)	4.25	3.00	-4.00	12.00	3.56	3.56	OK		No_prior
Size_DbIN_descend_se_FISHERY(1)	-2.19	3.00	-10.00	10.00	4.00	4.00	OK	53.27	No_prior
Size_DbIN_start_logit_FISHERY(1)	-999.00	-2.00	-999.00	15.00	-999.00	-999.00	NA		No_prior
Size_DbIN_end_logit_FISHERY(1)	0.96	2.00	-5.00	15.00	10.00	10.00	OK	0.87	No_prior
SizeSel_P1_SURVEY1(2)	-1.00	-99.00	-5.00	100.00	-1.00	-1.00	NA		No_prior
SizeSel_P2_SURVEY1(2)	-1.00	-99.00	-5.00	100.00	-1.00	-1.00	NA		No_prior
Size_DbIN_peak_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	31.01	4.00	20.00	80.00	31.00	31.00	OK	0.97	No_prior
Size_DbIN_top_logit_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	-3.45	5.00	-15.00	3.00	-0.97	-0.97	OK	2.93	No_prior
Size_DbIN_ascend_se_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	3.12	5.00	-4.00	12.00	3.56	3.56	OK	0.30	No_prior
Size_DbIN_descend_se_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	4.67	5.00	-10.00	6.00	4.00	4.00	OK	1.00	No_prior
Size_DbIN_end_logit_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	-1.17	4.00	-5.00	15.00	10.00	10.00	OK	0.78	No_prior

Paramètres estimés, phases et déviations du modèle SS3.



Ajustement du modèle (ligne bleue) à l'index de CPUE (les lignes indiquent l'intervalle d'incertitude de 95% basé sur l'assomption d'un erreur log normal) (A= deux blocks et B=trois blocks).



Données de longueurs observées (en noir) et longueurs estimées par le modèle (en vert) (A= deux blocks et B=trois blocks).

Data file SS3

```

#V3.30.12.00-safe; 2018_08_01; Stock_Synthesis_by_Richard_Methot_(NOAA)_using_ADMB_11.6
#Stock Synthesis (SS) is a work of the U.S. Government and is not subject to copyright protection in the United States.
#Foreign copyrights may apply. See copyright.txt for more information.
#_user_support_available_at:NMFS.Stock_Synthesis@noaa.gov
#_user_info_available_at:https://vlab.ncep.noaa.gov/group/stock-synthesis
#_Start_time: Thu Aug 30 11:46:43 2018
#_Number_of_datafiles: 1
#C data file for simple example
#_observed data:
#V3.30.12.00-safe; 2018_08_01; Stock_Synthesis_by_Richard_Methot_(NOAA)_using_ADMB_11.6
#Stock Synthesis (SS) is a work of the U.S. Government and is not subject to copyright protection in the United States.
#Foreign copyrights may apply. See copyright.txt for more information.
1976 #_StartYr
2022 #_EndYr
1 #_Nseas
12 #_months/season
2 #_Nsubseasons (even number, minimum is 2)
1 #_spawn_month
2 #_Ngenders
30 #_Nages=accumulator age
1 #_Nareas
2 #_Nfleets (including surveys)
#_fleet_type: 1=catch fleet; 2=bycatch only fleet; 3=survey; 4=ignore
#_survey_timing: -1 for fishing fleet to midseason catch-at-age for observations, or 1 to use observation month; (always 1 for surveys)
#_fleet_area: area the fleet/survey operates in
#_units of catch: 1=bio; 2=num (ignored for surveys; their units read later)
#_catch_mult: 0=no; 1=yes
#_rows are fleets
#_fleet_type fishery_timing area catch_units need_catch_mult fleetname
1 -1 1 1 0 FISHERY # 1
3 1 1 1 0 SURVEY1 # 2
#Bycatch_fleet_input_goes_next
#a: fleet index
#b: 1=include dead bycatch in total dead catch for F0.1 and MSY optimizations and forecast ABC; 2=omit from total catch for these purposes (but still include the mortality)
#c: 1=Fmult scales with other fleets; 2=bycatch F constant at input value; 3=bycatch F from range of years
#d: F or first year of range
#e: last year of range
#f: not used
# a b c d e f
#_Catch data: yr, seas, fleet, catch, catch_se
#_catch_se: standard error of log(catch)
#_NOTE: catch data is ignored for survey fleets
-999 1 1 0 0.01
1976 1 1 177 0.01
1977 1 1 248 0.01
1978 1 1 61 0.01
1979 1 1 63 0.01
1980 1 1 60 0.01
1981 1 1 116 0.01
1982 1 1 125 0.01
1983 1 1 351 0.01
1984 1 1 403 0.01
1985 1 1 393 0.01
1986 1 1 714 0.01
1987 1 1 757 0.01
1988 1 1 1134 0.01
1989 1 1 1417 0.01
1990 1 1 1339 0.01
1991 1 1 1194 0.01
1992 1 1 1178 0.01
1993 1 1 1304 0.01
1994 1 1 1477 0.01
1995 1 1 1473 0.01
1996 1 1 2060 0.01
1997 1 1 1537 0.01
1998 1 1 1809 0.01
1999 1 1 1566 0.01
2000 1 1 1004 0.01
2001 1 1 926 0.01
2002 1 1 540 0.01
2003 1 1 885 0.01
2004 1 1 1091 0.01
2005 1 1 1171 0.01
2006 1 1 1793 0.01
2007 1 1 1987 0.01
2008 1 1 1802 0.01
2009 1 1 1707 0.01
2010 1 1 1916 0.01
2011 1 1 2036 0.01
2012 1 1 2036 0.01
2013 1 1 1946 0.01
2014 1 1 1716 0.01
2015 1 1 2294 0.01
2016 1 1 2552 0.01
2017 1 1 2445 0.01
2018 1 1 2195 0.01
2019 1 1 2699 0.01
2020 1 1 2040 0.01
2021 1 1 1615 0.01
2022 1 1 1425 0.01
-9999 0 0 0 0
#
#_CPUE_and_surveyabundance_observations
#_Units: 0=numbers; 1=biomass; 2=F; >=30 for special types
#_Errtype: -1=normal; 0=lognormal; >0=T
#_SD_Report: 0=no sdreport; 1=enable sdreport
#_Fleet_Units Errtype SD_Report
1 1 0 0 # FISHERY
2 1 0 1 # SURVEY1
#_yr month fleet obs stderr
1986 6 2 0.92241642 0.3 #_ SURVEY1
1987 6 2 0.58678675 0.3 #_ SURVEY1
1988 6 2 0.455526741 0.3 #_ SURVEY1
1989 6 2 0.328320054 0.3 #_ SURVEY1
1990 6 2 0.362957717 0.3 #_ SURVEY1
1991 6 2 0.317739317 0.3 #_ SURVEY1

```



```

#0.156      0.156      0.249      0.341      0.433      0.524      0.615      0.706      0.796      0.886      0.976      1.065
1.154      1.242      1.330      1.418      1.505      1.592      1.679      1.765      1.851      1.937      2.022
2.107      2.191      2.275      2.359      2.442      2.525      2.608      2.690      2.772      2.854      2.935
3.016      3.097      3.177      3.257      3.337      3.416      3.495      3.574      3.652      3.730      3.808
3.885      3.962      4.039      4.115      4.191      4.267      4.342      4.417      4.492      4.566      4.641
4.714      4.788      4.861      4.934      5.007

#_mintailcomp: upper and lower distribution for females and males separately are accumulated until exceeding this level.
#_addtocomp: after accumulation of tails; this value added to all bins
#_males and females treated as combined gender below this bin number
#_compressbins: accumulate upper tail by this number of bins; acts simultaneous with mintailcomp; set=0 for no forced accumulation
#_Comp_Error: 0=multinomial, 1=dirichlet
#_Comp_Error2: parm number for dirichlet
#_mintailcomp_addtocomp_combM+F_CompressBins_CompError_ParmSelect
#-1 0.001 0 0 0 0 #_fleet:1_Fishery
#-1 0.001 0 0 0 0 #_fleet:2_Depl
#3 #_Lbin_method_for_Age_Data: 1=popenbins; 2=datalenbins; 3=lengths
# sex codes: 0=combined; 1=use female only; 2=use male only; 3=use both as joint sexlength distribution
# partition codes: (0=combined; 1=discard; 2=retained)
#_yr month fleet sex part ageerr Lbin_lo Lbin_hi Nsamp datavector(female-male)
# Fishery
#fishyr      month      fleet      gender      partition      ageErr      lbinlo      lbinhi      effN      A1      A2      A3      A4
A5           A6           A7           A8           A9           A10          A11          A12          A13          A14          A15
A16          A17          A18          A19          A20          A21          A22          A23          A24          A25          A26
A27          A28          A29          A30          A31          A32          -9999
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0            0
#
0 #_Use_MeanSize-at-Age_obs (0/1)
#
0 #_N_environ_variables
#Year Variable Value
0 # N sizfreq methods to read
#
0 # do tags (0/1)
#
0 # morphcomp data(0/1)
# Nobs, Nmorphs, mincomp
# yr, seas, type, partition, Nsamp, datavector_by_Nmorphs
#
0 # Do dataread for selectivity priors(0/1)
# Yr, Seas, Fleet, Age/Size, Bin, selex_prior, prior_sd
# feature not yet implemented
#
999

ENDDATA

```