

Evaluation 2020 du stock de vivaneau rouge en Guyane Française

Décembre 2020

**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/FB 20-024

Sommaire

Table des matières

Description de l'activité de pêche	3
Méthodes et données	4
Résultats	7
1.1 Analyse des données de taille et âge	7
1.2 Résultats du modèle d'évaluation	8
Discussion générale	10
Conclusion	14
Références	15
Annexe 1	17
Annexe 2	19

Description de l'activité de pêche

Le vivaneau rouge (*Lutjanus purpureus*) est considéré comme formant un stock unique en Guyane. Parmi les différentes flottilles de pêches 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.

Dans une étude précédente, croisant les données de campagnes et les données de débarquement des chalutiers crevettiers, les captures accessoires des jeunes vivaneaux (entre 8 et 30 cm) ont été estimées en diminution depuis 2002 (Caro and Lampert 2011). Les captures en 2007 représentaient environ 100 tonnes soit 6% des captures totales estimées pour cette année (Caro and Lampert 2011). On présume que ce pourcentage est actuellement inférieur car l'activité des crevettiers s'est considérablement réduite depuis 2007 (41 bateaux actifs avec 7284 jours de pêche) avec seulement 14 chalutiers crevettiers en activité en 2019 (1432 jours de pêche). Les captures de vivaneaux rouge par les caseyeurs antillais (incluses dans cette étude pour 2019) ont été estimées autour de 65 tonnes en 2019 (données fournies par la Direction de la Mer Martinique et SACROIS).

En 2019, 1969 tonnes de vivaneaux éviscérés ont été débarquées en Guyane, dont 91% de vivaneau rouge (1797 tonnes). Les autres espèces de vivaneau concernées par cette pêcherie sont le vivaneau ti-yeux (*Rhomboplites aurorubens*) et le vivaneau rayé (*Lutjanus synagris*).

Ces débarquements de vivaneaux de 2019 sont plus élevés que la moyenne historique (1208 tonnes), calculée sur les données à partir de 1986, et ce, malgré une baisse du nombre annuel de jours de mer des ligneurs vénézuéliens, relevée depuis 2012 (4279 jours de mer en 2019 contre 5734 en 2012). Les débarquements de vivaneaux éviscérés ont augmenté de 22% par rapport à l'année dernière et l'effort a augmenté de 11%.

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.

En raison de l'engin utilisé par les pêcheurs vénézuéliens (lignes à main munies de plusieurs hameçons), on estime que les rejets de vivaneau rouge par ce métier sont négligeables. De ce fait, dans ce qui suit, on parlera de captures et non de débarquements.

Méthodes et données

L'évaluation réalisée, porte uniquement sur *L. purpureus* qui constitue l'espèce cible, la plus abondante dans les débarquements. Les données mensuelles disponibles sont les tonnages débarqués, l'effort en jours en mer et la structure en taille.

Les quantités débarquées sont disponibles de 1976 à 2019 (Fig. 1); les estimations des débarquements de 1976 à 1985 ont été obtenues à partir des rapports historiques (Tous 1988; Perodou and Berti 1990). Depuis 1986, les tonnages ont été estimés sur les données de débarquements par marée et par espèce des ligneurs vénézuéliens fournis par les usiniers et armateurs, qui constituent la majorité des navires ciblant le vivaneau en Guyane. Pour l'évaluation, tous les tonnages débarqués ont été corrigés pour tenir compte de la part (réglementairement 25%) des poissons pêchés dans les eaux guyanaises mais débarqués à l'étranger.

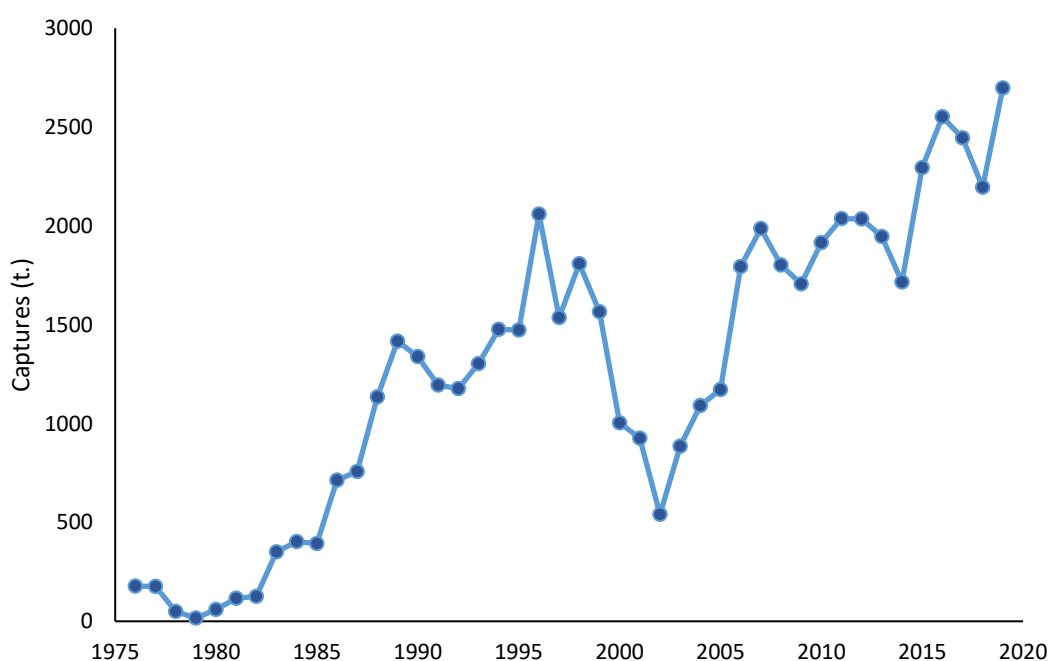


Fig. 1. Série historique des captures de vivaneau rouge éviscéré des navires vénézuéliens dans les eaux guyanaises.

Les données des structures en taille des captures sont disponibles de 1986 à 2019. 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, 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). 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 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 2019 les données de taille n'étaient pas disponibles pour le mois de janvier (manque d'échantillonnage); afin de reconstruire la totalité des captures les données de distribution en taille de février ont été utilisées.

La part des débarquements réalisés par les crevettiers a été ignorée dans cette évaluation, car elle constitue une partie marginale et les données ne sont pas disponibles.

L'effort des navires vénézuéliens dans les eaux guyanaises (jours en mer par année) sont disponibles de 1986 à 2019 (Fig. 2). L'effort a été estimé à partir des fiches de pêche déclaratives croisées avec les données de balise VMS, croisées avec les déclarations volontaires des usiniers présents en Guyane et les données extrapolées de SACROIS si nécessaire.

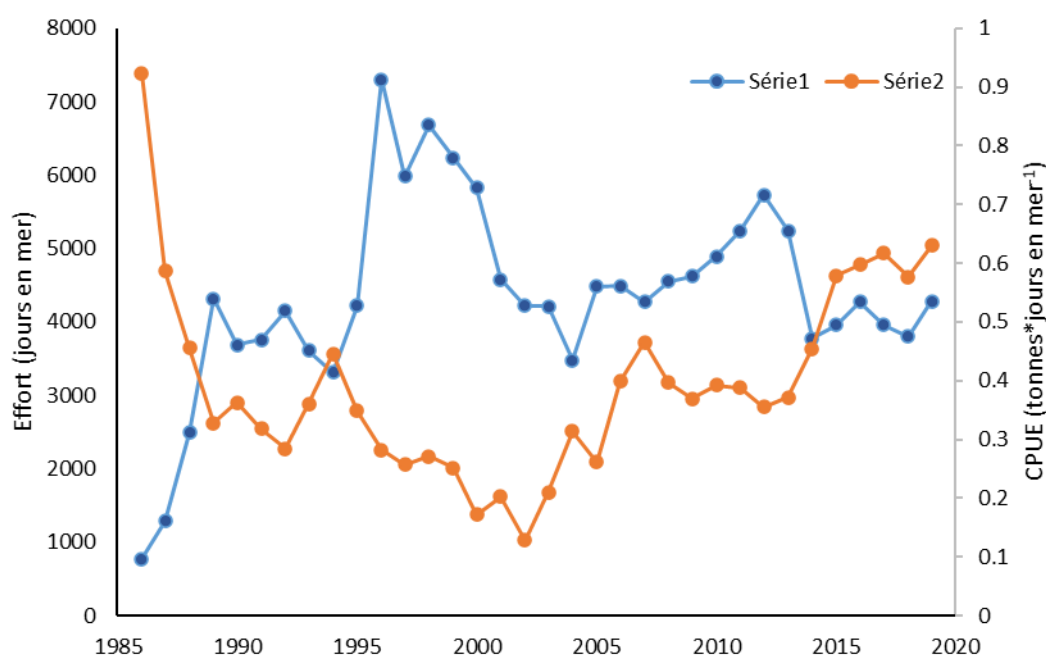


Fig. 2. Séries historiques d'effort de pêche (Série 1) et des captures par unité d'effort (CPUE, Série 2) des navires vénézuéliens dans les eaux guyanaises.

Les captures par unité d'effort (CPUE) annuelles (de 1986 à 2019) ont été estimées en divisant les captures totales annuelles par le nombre de jour en mer totaux annuels. Ces CPUE sont des valeurs brutes, non standardisées, c'est à dire qu'elles ne prennent pas en compte d'éventuelles modifications d'efficacité de la pêche ou de variations spatio-temporelles de l'activité. De ce fait, leur interprétation comme indicateur de l'évolution de l'abondance du stock peut être discutée. Cependant, le rapport de l'année dernier comparant deux analyses (avec et sans CPUE) avait montré que l'utilisation des CPUE permettait un meilleur ajustement aux données (Tagliarolo 2019). Pour cette raison, cette année uniquement le modèle intégrant les CPUE est présenté.

Le stock est évalué en utilisant un modèle de dynamique de population de type SS3 (Stock Synthesis) (Methot 2009). SS3 est un modèle statistique structuré en âge capable d'inclure plusieurs sources de données et d'incertitudes. Le modèle de base estime les dynamiques de population de façon similaire aux modèles halieutiques classiques mais il est plus flexible car il peut utiliser une grande variété de données pour calibrer le modèle. Pour cette raison, SS3 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.

Les observations et paramètres principaux utilisés dans le modèle sont les suivantes : estimations de captures (1976-2019), CPUE (1986-2019), distribution en tailles (1986-2019), 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 SS3 utilise un modèle de croissance de von Bertalanffy avec des paramètres de croissance similaires à ceux utilisés dans le modèle de type VPA dans les rapports précédents (Rivot et al. 2000; Caro and Lampert 2011), les autres paramètres requis par SS3 ont été estimés à partir de la littérature sur cette espèce ou sur des espèces proches (nombre d’œufs par femelle, maturité de 50% femelles...).

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 descendant).

Une analyse de sensibilité du modèle au paramètre steepness a été effectuée afin d’évaluer l’effet de ce paramètre sur les outputs du modèle (Annexe 1). Vu que l’analyse des log-vraisemblance ne semble pas informative sur la meilleure valeur de steepness à adopter (Annexe 1), la valeur de 0.7 suggéré par FishLife (<http://github.com/james-thorson/FishLife/>) pour *L. purpureus* à été utilisée dans les modèles SS3 étudiés.

Afin de montrer la variabilité et l’incertitude dans les résultats, deux modèles SS3 ont été comparés. Le premier modèle est basé sur l’hypothèse que la sélectivité de la pêche n’a pas changé depuis le début de l’activité. Le deuxième modèle permet un réajustement des paramètres de sélectivité sur deux « time blocks » (avant et après 1997) afin de mieux représenter le changement rapide en classes de taille au débarquement observé à la fin des années 90. La séparation en deux périodes conduit le modèle à estimer les paramètres de sélectivité pour chacune des périodes (Annexe 2), afin d’obtenir un meilleur ajustement aux données de taille.

Résultats

1.1 Analyse des données de taille et âge

Entre le début de la série de données (1985) et le début des années 2000, la taille moyenne des individus débarqués s'est réduite (Fig. 3). Depuis 2003, cette taille semble stable. 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 30-35 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 exploitée. Rivot *et al.* (2000) ont exploré le possible changement de stratégie des pêcheurs qui prospecteraient des zones moins profondes et plus à l'ouest que précédemment. Cependant, une analyse des données des fiches de pêche conduite par Rivot *et al.* (2000) ne révèle pas de modifications dans la distribution de l'effort de pêche sur la première partie de la série. Il serait intéressant de savoir si les ligneurs ont modifié la taille des hameçons utilisés au cours du temps, ce qui engendrerait un changement de sélectivité, ou si la diminution de la taille moyenne dans les débarquements est la conséquence d'une mortalité par pêche en augmentation.

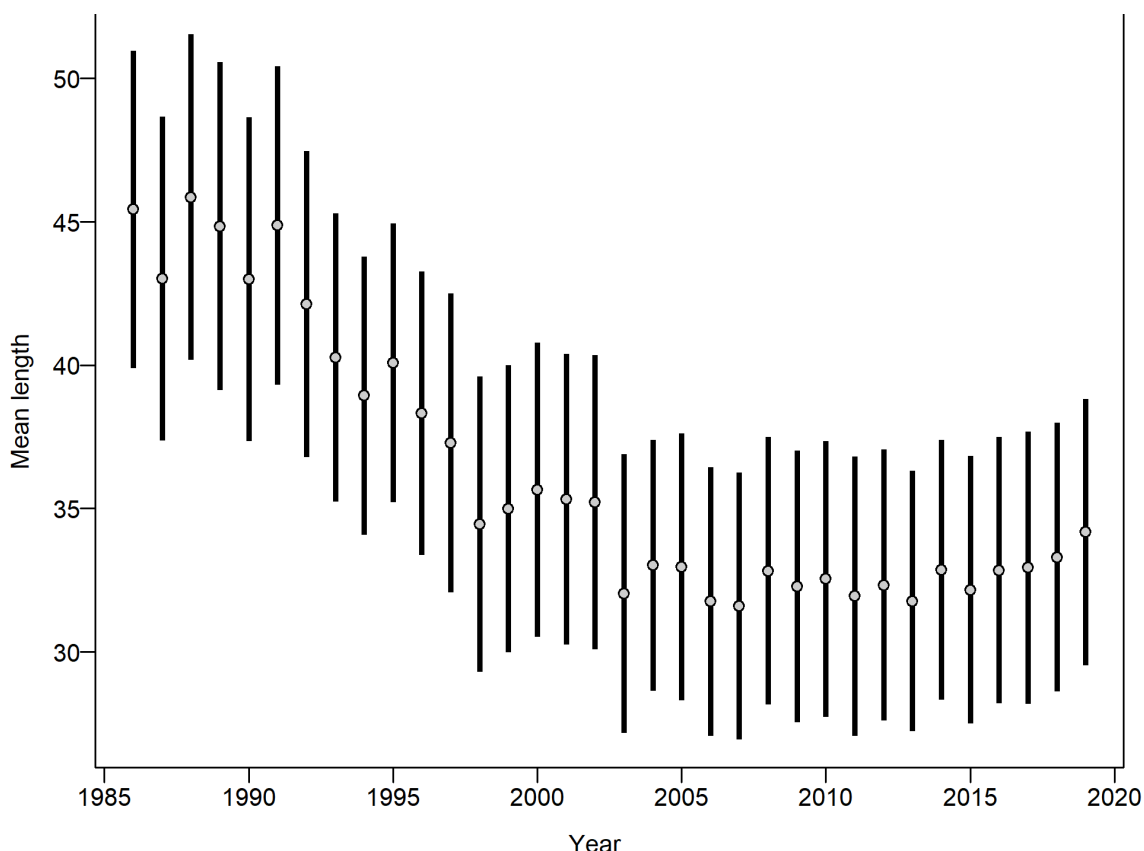


Fig. 3. Evolution de la longueur à la fourche des vivaneaux rouges débarqués en Guyane. Taille moyenne et 95% intervalle de confiance basée sur la taille de l'échantillon (12 échantillons dans l'année).

1.2 Résultats du modèle d'évaluation

Les valeurs absolues des résultats sont très fortement impactées par l'hypothèse concernant la sélectivité, mais les tendances sont relativement similaires : la mortalité par pêche a fortement augmenté au début de la période considérée mais reste relativement stable depuis le milieu des années 2000 (Fig. 4).

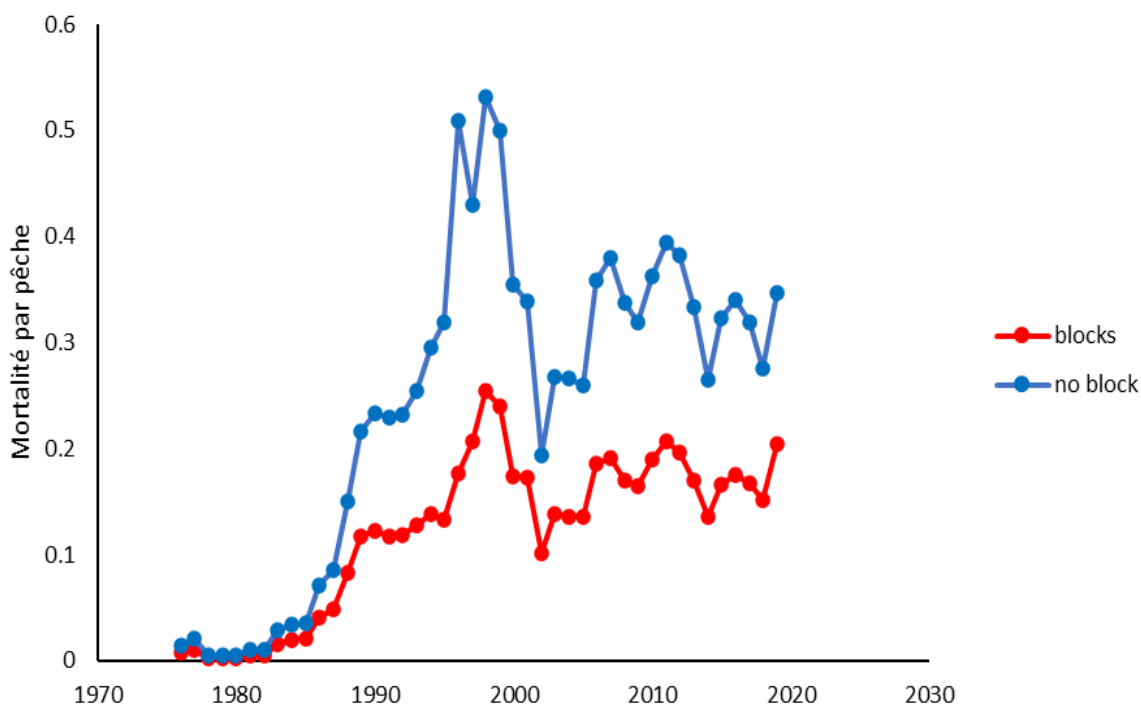


Fig. 4. Mortalité par pêche estimée par le modèle (moyenne sur tous les âges) selon l'hypothèse sur la sélectivité.

La biomasse totale a très fortement chuté dans les années 1980-2000, mais est estimée en augmentation depuis. L'augmentation est estimée beaucoup plus forte dans l'hypothèse d'un changement de sélectivité en 1997. (Fig. 5).

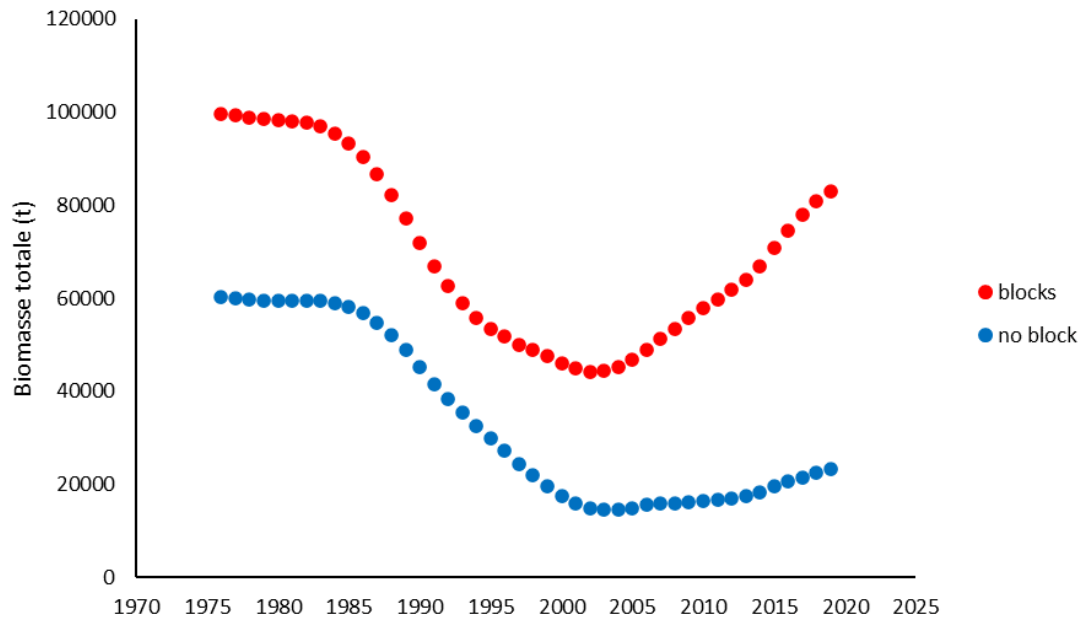


Fig. 5. Biomasse estimée par le modèle selon l'hypothèse sur la sélectivité.

Compte tenu de la sensibilité du modèle notamment à ce paramètre de sélectivité et de l'impossibilité, dans l'état actuel des connaissances, de privilégier une hypothèse plutôt qu'une autre, aucun point de référence n'a été estimé ce qui ne permet pas de déterminer l'état du stock et de son exploitation par rapport à un critère de durabilité.

Discussion générale

Les modèles testés sont fortement influencés par les données disponibles et leur incertitude.

- incertitude sur les quantités capturées et sur les structures en taille

Une partie des captures (crevettiers) n'est pas intégrée dans le modèle à cause du manque d'information sur les quantités et les structures de taille des captures de ce métier ; elle est cependant considérée comme très marginale. Par contre, 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) et ce, pendant toute la période étudiée. Il est aussi possible que la composition en taille échantillonnée ne soit pas représentative de l'ensemble des captures, puisque la partie des captures débarquée hors Guyane n'est pas échantillonnée.

- incertitude sur les captures par unité d'effort (CPUE)

Même si l'utilisation de CPUE par le modèle améliore l'ajustement, des incertitudes existent sur la réelle pertinence de la valeur cet indicateur comme approximation de l'abondance du stock. En effet, l'unité d'effort utilisé (jour de pêche) ne rend pas compte de possibles évolutions dans le nombre d'hameçons utilisés par exemple. L'hypothèse sous-jacente est donc que les modalités d'exploitation sont restées constantes tout au long de la période étudiée.

- incertitude sur la sélectivité

Les structures en taille des captures sont interprétées par le modèle comme représentative de la structure en taille de la population exploitée. Tout changement de techniques (taille hameçons) ou de zones de pêches, non considérés dans l'analyse, peuvent grandement influencer les résultats. Les deux hypothèses théoriques sur la sélectivité (constante sur la période vs modifiée en 1997) utilisées ici montrent la très forte influence de ce paramètre.

La légère réduction des zones de pêche des ligneurs vénézuéliens (Fig. 6) semble concerner principalement les secteurs situés les plus au large, connus pour abriter davantage de vivaneaux rouges de grandes tailles (Rivot et al. 2000). Cela se traduit par une forte présence de captures d'individus immatures. En l'absence d'information complémentaire, le modèle ne peut pas interpréter ces modifications autrement que par des variations du vecteur de mortalité et/ou du recrutement.

Des incertitudes existent donc à la fois sur les captures, les compositions en taille et les CPUE, qui justifient les fortes différences de résultats entre les deux modèles testés.

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 mais est estimée en hausse (modérée ou forte selon les hypothèses) dans les années récentes.
- Une proportion importante des individus capturés sont des individus immatures.

Considérant le fait que 43% des individus capturés en 2019 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 capture permettrait de sensiblement réduire le nombre de petits poissons capturés et d'augmenter la production à terme et assurer le renouvellement du stock.

La mise en place d'une taille minimale des hameçons pourrait être envisager 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). Malheureusement aucune information sur la taille et type d'hameçon utilisée n'est disponible. Une étude sur les habitudes de pêche des pêcheurs, couplée avec une étude expérimentale comparant différentes tailles d'hameçons pourrait permettre la mise en place de nouvelle mesure de gestion pour mieux préserver les juvéniles.

Une autre option de gestion consisterait à inciter les pêcheurs à rechercher des bancs constitués d'individus plus grands à travers la mise en place d'une taille minimale. En effet, les bancs de vivaneau rouge sont connus pour être constitués d'individus possédant une certaine homogénéité de tailles (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.

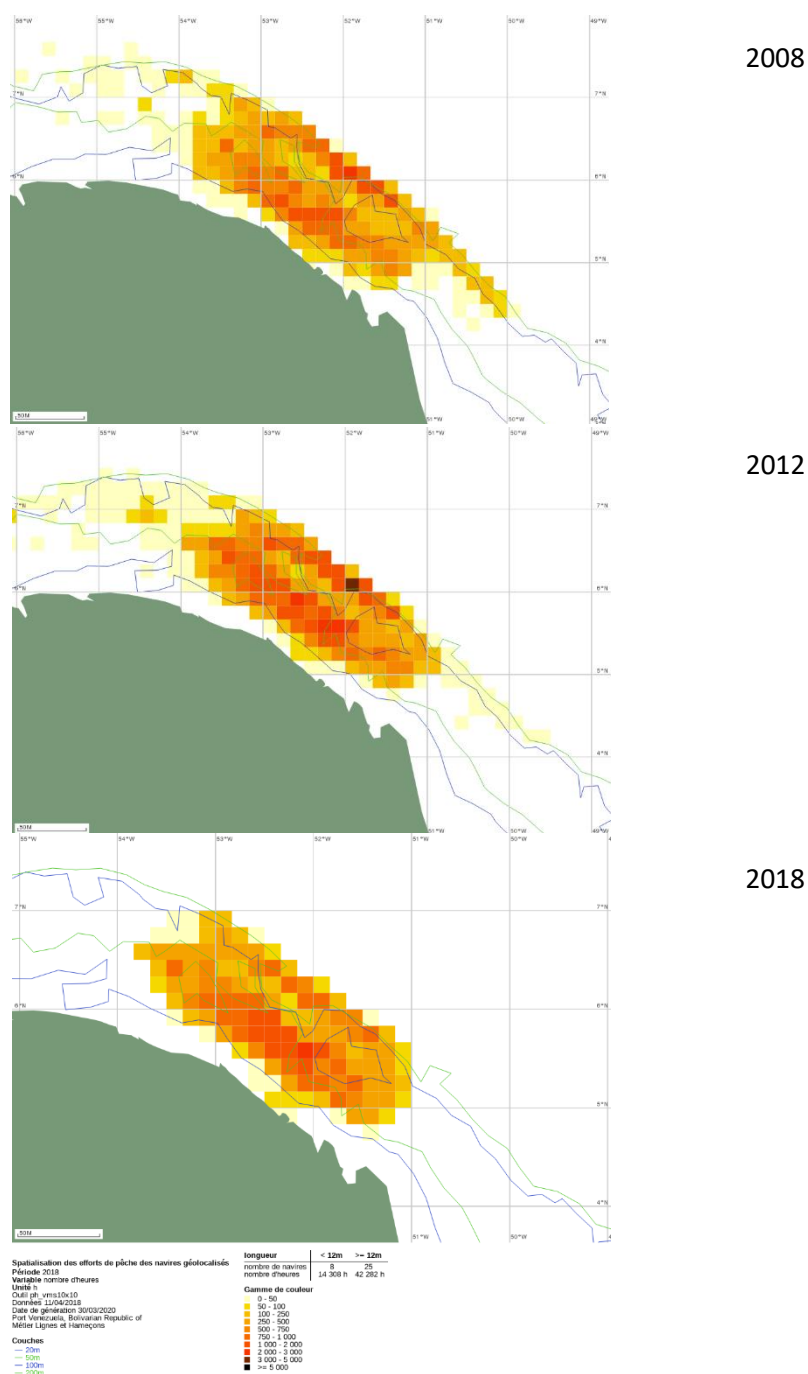


Fig. 6. Spatialisation des efforts de pêche des navires vénézuéliens géolocalisés par VMS.

Cependant, l'impact économique de mesures d'aménagement réduisant les captures de juvéniles serait très important. En effet, actuellement, les petits poissons sont économiquement rentables par l'existence d'un marché pour le poisson dit 'portion' commercialisé aux Antilles. 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 pêcherie.

La réglementation actuelle basée sur le nombre de licences ne semble pas la plus adaptée pour la gestion de cette pêcherie car l'effort de pêche ne dépend que partiellement du nombre de ces licences (Fig. 7) : le nombre de marées réalisées dans l'année par un navire peut être très variable. Le nombre des jours en mer annuel varie entre 3310 et 7307 entre 1992 et 2011 (41 licences disponibles) et entre 3774 et 5734 depuis 2012 (45 licences disponibles).

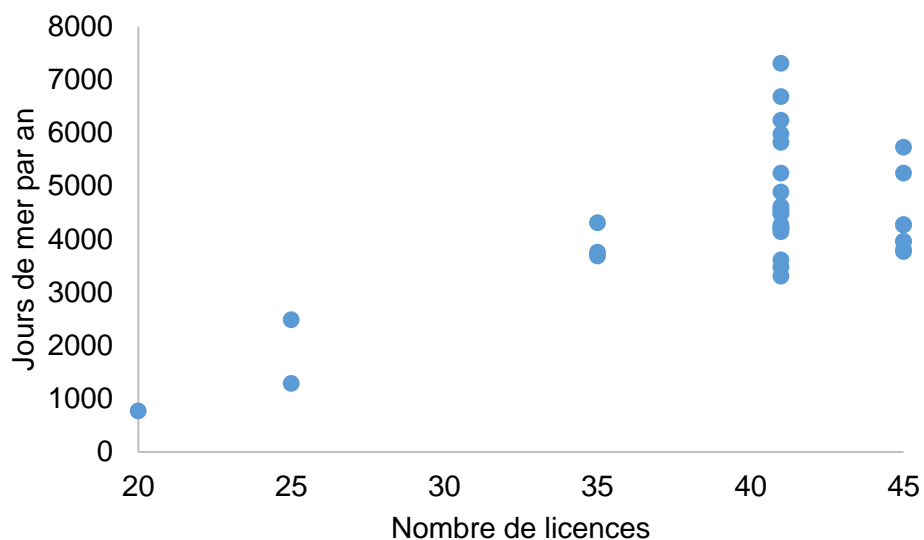


Fig. 7. Nombre de jours de mer annuel des ligneurs vénézuéliens en fonction du nombre de licences vivaneau. Chaque point représente une année.

Conclusion

Les données disponibles sont trop incertaines et le modèle trop sensible aux hypothèses pour tirer des conclusions sur l'état du stock et de la pêcherie et donc préconiser des mesures de gestion quantitatives précises. Néanmoins ces incertitudes plaident pour une gestion prudente, c'est à dire un maintien des possibilités de pêche actuelles ou mieux, une légère diminution¹. Vu la difficulté d'une gestion de cette activité de pêche par les seules licences, il pourrait être envisagé la mise en place d'un plafond de l'effort de pêche (nombre total de jours en mer) ou 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).

Il faut également 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).

La levée des incertitudes sur les données constitue une priorité. Cela passe par des études scientifiques (enquête sur d'éventuels changements de pratiques de pêche, étude expérimentale comparant différentes tailles d'hameçons) mais aussi par de possibles modifications de la réglementation, notamment en augmentant la part de la capture débarquée en Guyane (actuellement 75%) et/ou en imposant un échantillonnage des tailles de ces captures.

¹ Dans l'Atlantique nord-est, et pour des stocks dont le statut est incertain, le CIEM recommande une réduction des captures récentes de 20%.

Références

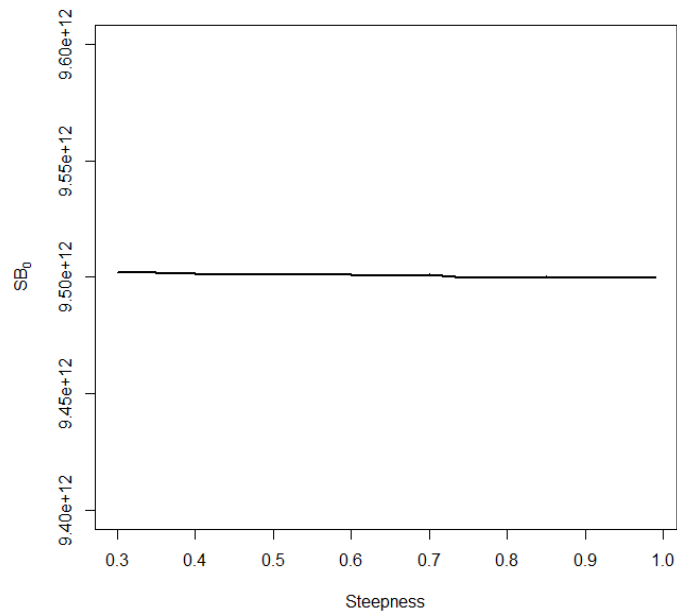
- Babcock EA, Tewfik A, Burns-Perez V (2018) Fish community and single-species indicators provide evidence of unsustainable practices in a multi-gear reef fishery. *Fisheries Research* 208:70–85. doi: 10.1016/j.fishres.2018.07.003
- Burns KM (2009) Evaluation of the efficacy of the minimum size rule 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
- Carvalho F, Punt AE, Chang Y-J, Maunder MN, Piner KR (2017) Can diagnostic tests help identify model misspecification in integrated stock assessments? *Fisheries Research* 192:28–40. doi: 10.1016/j.fishres.2016.09.018
- 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
- Kell LT, Bruyn PD, Maunder M Likelihood component profiling as a data exploratory tool for north Atlantic albacore. 6.
- Maunder MN, Punt AE (2013) A review of integrated analysis in fisheries stock assessment. *Fisheries Research* 142:61–74. doi: 10.1016/j.fishres.2012.07.025
- 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

Tous PH (1988) Perspectives d'exploitation d'espèces nouvelles: la pêche au vivaneau.

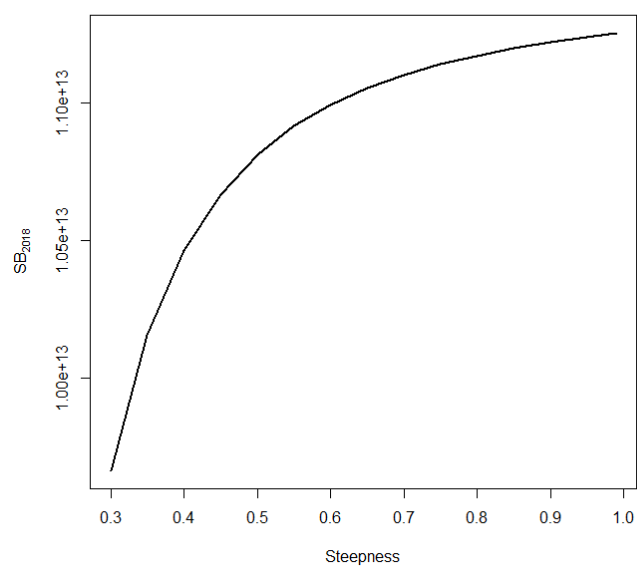
Vasilakopoulos P, O'Neill FG, Marshall CT (2011) Misspent youth: does catching immature fish affect fisheries sustainability? ICES Journal of Marine Science 68:1525–1534.

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

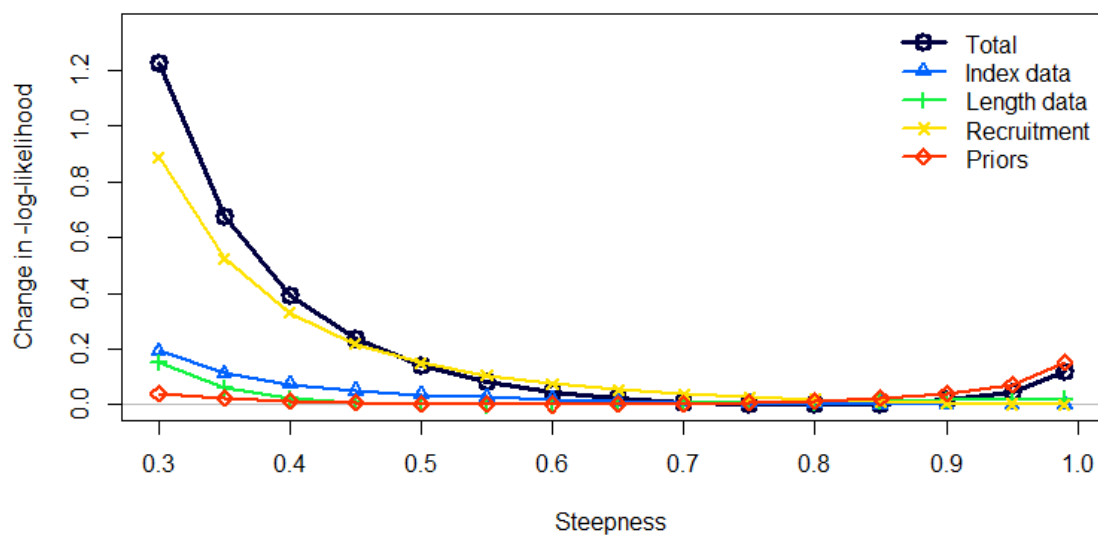
Annexe 1



Profil de vraisemblance pour le modèle SS3 avec blocks du vivaneau rouge en Guyane. SB0= La biomasse reproductrice initiale avant la pêche.



Profil de vraisemblance pour le modèle SS3 avec blocks du vivaneau rouge en Guyane. SB2018= La biomasse reproductrice (SB) au cours de 2018



Effet du paramètre steepness sur la log-vraisemblance des différents paramètres.

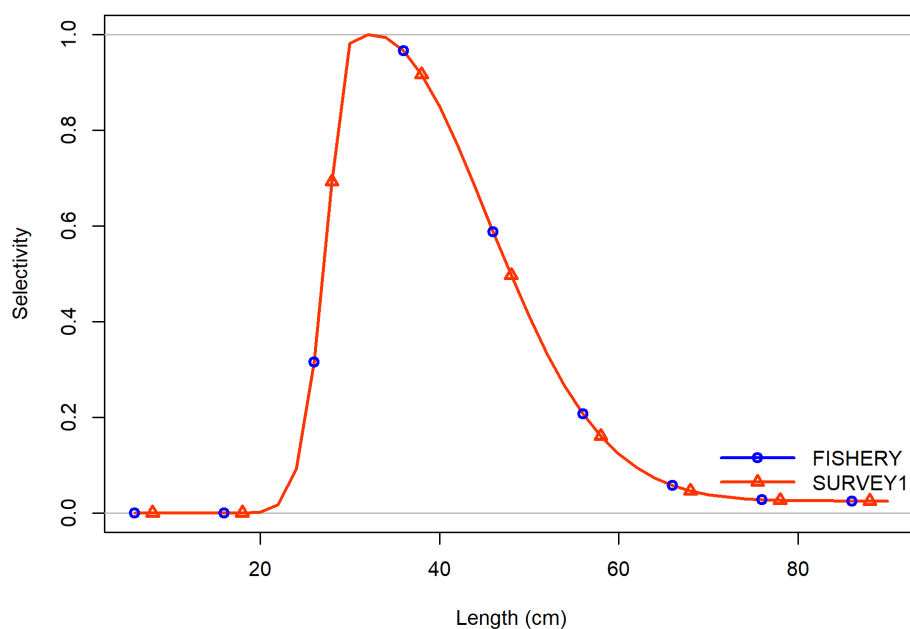
Différentes auteurs ont discutée l'interprétation et limites de ce types de profils pour l'évaluation des modelés de stock (Kell et al.; Maunder and Punt 2013; Carvalho et al. 2017).

Annexe 2

Tableaux des paramètres de sélectivité estimés dans le modèle sans blocks

	Value	Phase	Min	Max	Init	Status	Parm_StDev	Gradient	Pr_type	Afterbound
SR_LN(R0)	8.70538	1	3	31	8.81505	OK	0.102819	-7.06E-05	No_prior	OK
Size_DblN_peak_FISHERY(1)	30.5905	2	20	80	36.0888	OK	0.710317	-7.82E-06	No_prior	OK
Size_DblN_top_logit_FISHERY(1)	-11.081	3	-15	3	0.969098	OK	62.709	-4.68E-07	No_prior	OK
Size_DblN_ascend_se_FISHERY(1)	2.90542	3	-4	12	3.5648	OK	0.259773	2.80E-05	No_prior	OK
Size_DblN_descend_se_FISHERY(1)	5.79051	3	-10	10	4	OK	0.272235	-5.45E-05	No_prior	OK
Size_DblN_end_logit_FISHERY(1)	3.66736	2	-5	15	10	OK	0.836136	-5.14E-06	No_prior	OK

Length-based selectivity by fleet in 2019

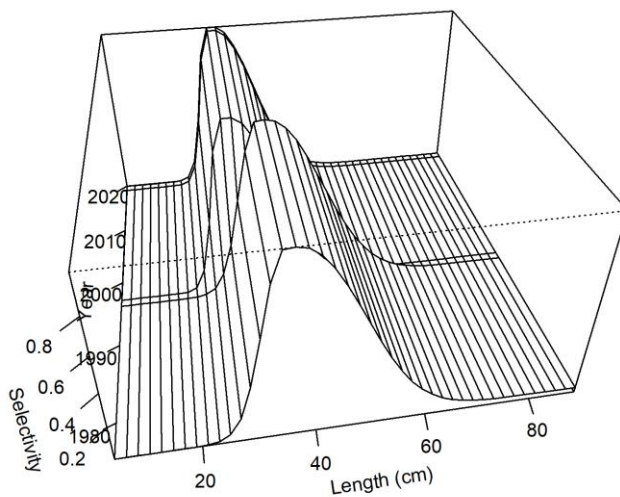


Sélectivité (fraction retenue) pour 2019 estimés dans le modèle sans blocks

	Value	Phase	Min	Max	Init	Status	Parm_ StDev	Gradient	Pr_type	After bound
SR_LN(R0)	9.20699	1	3	31	8.81505	OK	0.665845	4.06E-05	No_prior	OK
Size_DblN_peak_FISHERY(1)	36.4521	2	20	80	36.0888	OK	1.88204	2.73E-05	No_prior	OK
Size_DblN_top_logit_FISHERY(1)	-11.512	3	-15	3	0.969098	OK	57.2841	-3.23E-08	No_prior	OK
Size_DblN_ascend_se_FISHERY(1)	3.5815	3	-4	12	3.5648	OK	0.440543	-2.29E-05	No_prior	OK
Size_DblN_descend_se_FISHERY(1)	5.46003	3	-10	10	4	OK	0.544839	-4.76E-05	No_prior	OK
Size_DblN_end_logit_FISHERY(1)	-3.47081	2	-5	15	10	OK	1.19227	-9.11E-06	No_prior	OK
Size_DblN_peak_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	29.7218	4	20	80	31	OK	0.798707	5.51E-05	No_prior	OK
Size_DblN_top_logit_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	-11.1929	5	-15	3	0.969098	OK	61.2883	-1.18E-07	No_prior	OK
Size_DblN_ascend_se_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	2.78994	5	-4	12	3.5648	OK	0.310099	-3.59E-05	No_prior	OK
Size_DblN_descend_se_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	4.98043	5	-10	6	4	OK	0.255379	2.00E-05	No_prior	OK
Size_DblN_end_logit_FISHERY(1)_BLK1repl_1997	-3.52999	4	-5	15	10	OK	0.618191	5.32E-06	No_prior	OK

Tableaux des paramètres estimés dans le modèle avec blocks

Female time-varying selectivity for FISHERY



Changement de sélectivité (fraction retenue) entre les deux time-blocks