**L’annexe A commence à la page 134 du document de référence. Les éléments en bleu sont des légendes.**

\clearpage

`r if(knitr:::is\_latex\_output()) '\\Appendices'`

`r if(!knitr:::is\_latex\_output()) '# (APPENDIX) Appendix {-}'`

# INDICES DE L’ABONDANCE INDÉPENDANTS DE LA PÊCHE

## RELEVÉS AU CANADA

### RELEVÉ DE LA COMMUNAUTÉ D’ESPÈCES DANS LE DÉTROIT D’HÉCATE

Une série de relevés multispécifiques au chalut de fond sur le poisson de fond ont été effectués en mai-juin 1984, 1987, 1989, 1991, 1993, 1995, 1996, 1998, 2000, 2002 et 2003 dans le détroit d’Hécate (@westrheim1984, @fargo1988, @wilson1991, @hand1994, @workman1996, @workman1997, @choromanski2002)) (figure \@ref(fig:survey-maps-hs-msa). Les résultats jusqu’en 2000 ont été présentés dans l’évaluation de 2001 [@sinclair2001] et ceux de 2002 et 2003 dans l’évaluation de 2005 [@sinclair2005].

Le plan original de ce relevé fixait les lieux de pêche à des intervalles de profondeur de 10 brasses dans un quadrillage de 10 milles marins du détroit d’Hécate. On a post-stratifié le relevé afin de calculer un indice de l’abondance pour la morue du Pacifique [@sinclair2000]. La post-stratification utilisait des intervalles de profondeur de 10 brasses pour toute la zone du relevé, traitant ainsi chaque intervalle de profondeur comme une seule strate.

Le relevé de la communauté d’espèces dans le détroit d’Hécate a été conçu comme un relevé systématique à stations fixes. Bien que l’on ait tenté d’appliquer la stratification après l’échantillonnage, cette approche présentait une forte variance du relevé [@sinclair2007]. En 2004, on a mis fin au relevé de la communauté d’espèces dans le détroit d’Hécate pour le remplacer par le

relevé synoptique dans le détroit d’Hécate (décrit ci-après).

### RELEVÉ SYNOPTIQUE DANS LE DÉTROIT D’HÉCATE

Le relevé synoptique au chalut de fond sur le poisson de fond dans le détroit d’Hécate fait partie d’un ensemble coordonné de relevés à long terme qui, ensemble, couvrent le plateau continental et le talus supérieur de la plus grande partie de la côte de la Colombie-Britannique (figure \@ref(fig:survey-maps-syn-hs). Le relevé synoptique dans le détroit d’Hécate est effectué en mai et juin les années impaires depuis 2005. Tous les relevés synoptiques suivent un plan à stratification aléatoire de profondeur. La zone du relevé est divisée en blocs de 2 km par 2 km et chacun de ces blocs est attribué à l’une des quatre strates de profondeur en fonction de sa profondeur au fond moyenne. Les quatre strates de profondeur pour le relevé dans le détroit d’Hécate sont 10-70 m, 70-130 m, 130-220 m et 220-500 m. Chaque année, des blocs sont sélectionnés au hasard dans chaque strate de profondeur. Pour ce relevé et les autres relevés synoptiques décrits ci-dessous, on a déterminé l’allocation relative des blocs entre les strates de profondeur en modélisant les prises prévues de poisson de fond et en calculant le nombre cible de traits par strate qui fournirait des données suffisamment précises sur le taux de prises pour autant d’espèces que possible.

### RELEVÉ SYNOPTIQUE DANS LE BASSIN DE LA REINE-CHARLOTTE

Le relevé synoptique au chalut de fond sur le poisson de fond dans le bassin de la Reine-Charlotte a été effectué en juillet-août 2003, 2004 et les années impaires depuis 2005 (figure \@ref(fig:survey-maps-syn-qcs). Les quatre strates de profondeur pour le relevé dans le bassin de la Reine-Charlotte sont 50-125 m, 125-200 m, 200-330 m et 330-500 m. Chaque année, des blocs sont sélectionnés au hasard dans chaque strate de profondeur. De plus, aux fins de l’attribution des blocs, le relevé dans le bassin de la Reine-Charlotte est divisé en strates spatiales du nord et du sud.

### RELEVÉ SYNOPTIQUE SUR LA CÔTE OUEST DE L’ÎLE DE VANCOUVER

Le relevé synoptique au chalut de fond sur la côte ouest de l’île de Vancouver a été réalisé pour la première fois en 2004 et est effectué une année sur deux (les années paires) sur un chalutier commercial affrété (figure \@ref(fig:survey-maps-syn-wcvi)). La zone du relevé se trouve au large de la côte ouest de l’île de Vancouver, entre environ 49 $^\circ$ 12$^\prime$ et 50 $^\circ$ 36$^\prime$ de latitude Nord et environ 124 $^\circ$ 48$^\prime$ à 128 $^\circ$ 30$^\prime$ de longitude Ouest. Sa limite méridionale longe la frontière canado-américaine. Le relevé comporte une seule strate aérienne dans les régions 3C et 3D du secteur de gestion des pêches du Pacifique, séparée en quatre strates de profondeur : 50-125 m; 125-200 m; 200-330 m; et 330-500 m. Environ 150 à 180 blocs de 4 km^2^ sont sélectionnés au hasard parmi les quatre strates de profondeur lors de chaque relevé.

```{r survey-maps-hs-msa, fig.asp=1, fig.cap="Différents traits du relevé multispécifique au chalut de fond sur le poisson de fond dans le détroit d’Hécate. Les croix gris pâle indiquent les traits du relevé qui n’ont pas capturé de morue du Pacifique. La superficie et la couleur des cercles sont proportionnelles à la densité de la morue du Pacifique pour ce trait du relevé. Les coordonnées en abscisse et en ordonnée sont indiquées pour la zone 9 UTM."}

plot\_multiyear\_survey\_sets(dat$survey\_sets, "HS MSA")

```

```{r survey-maps-syn-hs, fig.asp=1, fig.cap="Différents traits du relevé synoptique au chalut de fond sur le poisson de fond dans le détroit d’Hécate. Les croix gris pâle indiquent les traits du relevé qui n’ont pas capturé de morue du Pacifique. La superficie et la couleur des cercles sont proportionnelles à la densité de la morue du Pacifique pour ce trait du relevé. Les coordonnées en abscisse et en ordonnée sont indiquées pour la zone 9 UTM."}

plot\_multiyear\_survey\_sets(dat$survey\_sets, "SYN HS")

```

```{r survey-maps-syn-qcs, fig.asp=1, fig.cap="Différents traits du relevé synoptique au chalut de fond sur le poisson de fond dans le bassin de la Reine-Charlotte. Les croix gris pâle indiquent les traits du relevé qui n’ont pas capturé de morue du Pacifique. La superficie et la couleur des cercles sont proportionnelles à la densité de la morue du Pacifique pour ce trait du relevé. Les coordonnées en abscisse et en ordonnée sont indiquées pour la zone 9 UTM."}

plot\_multiyear\_survey\_sets(dat$survey\_sets, "SYN QCS")

```

```{r survey-maps-syn-wcvi, fig.asp=1, fig.cap="Différents traits du relevé synoptique au chalut de fond sur le poisson de fond sur la côte ouest de l’île de Vancouver. Les croix gris pâle indiquent les traits du relevé qui n’ont pas capturé de morue du Pacifique. La superficie et la couleur des cercles sont proportionnelles à la densité de la morue du Pacifique pour ce trait du relevé. Les coordonnées en abscisse et en ordonnée sont indiquées pour la zone 9 UTM."}

plot\_multiyear\_survey\_sets(dat$survey\_sets, "SYN WCVI")

```

\clearpage

### ANALYSE DE LA SUPERFICIE BALAYÉE

Pour tous les relevés réalisés au Canada, on a estimé la biomasse dans la superficie balayée l’année $y$ en additionnant le produit de la CPUE et la superficie du relevé dans les strates étudiées $i$ :

\begin{equation}

B\_y = \sum\_{i=1}^kC\_{y\_i}A\_i=\sum\_{i=1}^kB\_{y\_i}

(\#eq:sweptareabiomass)

\end{equation}

où

$C\_{y\_i}$ = densité moyenne de la CPUE (kg/km^2^) pour la morue du Pacifique dans la strate $i$, $A\_i$ = superficie de la strate $i$ (km^2^), $B\_{y\_i}$ = biomasse de la morue du Pacifique dans la strate $i$ l’année $y$ et $k$ = nombre de strates.

La CPUE ($C\_{y\_i}$) pour la morue du Pacifique dans la strate $i$ pour l’année $y$ a été calculée comme une densité en kg/km^2^ selon l’équation

\begin{equation}

C\_{y\_i}=\frac{1}{n\_{y\_i}} \sum\limits\_{j=1}^{n\_{y\_i}} \frac{W\_{y\_i,j}}{D\_{y\_i,j}w\_{y\_i,j}} (\#eq:sweptareacpue) \end{equation}

où

$W\_{y\_i,j}$ = poids des prises (kg) de morue du Pacifique dans la strate $i$ l’année $y$ et dans le trait $j$,

$D\_{y\_i,j}$ = distance parcourue (km) par trait $j$ dans la strate $i$ l’année $y$,

$w\_{y\_i,j}$ = ouverture nette (km) par trait $j$ dans la strate $i$ l’année $y$ et

$n\_{y\_i}$ = nombre de traits dans la strate $i$.

La variance de l’estimation de la biomasse du relevé, $V\_y$, pour la morue du Pacifique l’année $y$, a été calculée en kg^2^ comme suit :

\begin{equation}

V\_y=\sum\_{i=1}^k\frac{\sigma\_{y\_i}^2A\_i^2}{n\_{y\_i}}=\sum\_{i=1}^kV\_{y\_i}

(\#eq:sweptareavariance)

\end{equation}

où $\sigma\_{y\_i}^2$ est la variance de la CPUE en $kg^2/km^4$ l’année $y$ dans la strate $i$, $V\_{y\_i}$ est la variance de la morue du Pacifique dans la strate $i$ l’année $y$, et où $\sigma\_{y\_i}^2$ a été obtenu à partir d’échantillons d’autoamorçage (voir ci-après).

Le CV pour la morue du Pacifique pour chaque année $y$ a été calculé comme suit :

\begin{equation}

(CV)\_y=\frac{{V\_y}^{1/2}}{B\_y}

(\#eq:sweptareacv)

\end{equation}

où $(CV)\_y$ est le CV pour l’année $y$.

On a construit mille répliques d’autoamorçage avec remplacement à partir des données du relevé pour estimer les intervalles de confiance à 95 % avec correction du biais pour chaque année de relevé [@efron1982]. Les valeurs obtenues sont présentées dans le tableau \@ref(tab:surv-canadian-table) et sur la figure \@ref(fig:surv-canadian).

```{r surv-canadian-table, results='asis'}

dplyr::filter(dat$survey\_index, survey\_abbrev %in%

c("SYN QCS", "SYN WCVI", "SYN HS", "SYN WCHG", "OTHER HS MSA")) %>%

dplyr::select(survey\_abbrev, year, biomass, re, lowerci, upperci, num\_sets, num\_pos\_sets) %>%

dplyr::mutate(lowerci = round(lowerci/1000, 1), upperci = round(upperci/1000, 1),

biomass = round(biomass/1000, 1), re = round(re, 2)) %>%

dplyr::rename(`Survey abbrev.` = survey\_abbrev, Year = year, Biomass = biomass,

CV = re, `Lower CI` = lowerci, `Upper CI` = upperci, Sets = num\_sets, `Positive sets` = num\_pos\_sets) %>%

dplyr::arrange(`Survey abbrev.`, Year) %>%

knitr::kable(caption = "Données des relevés au chalut sur la morue du Pacifique au Canada. La biomasse relative et les intervalles de confiance (IC) inférieurs et supérieurs correspondants sont indiqués en tonnes métriques (sans tenir compte de la capturabilité du relevé). Les traits positifs désignent le nombre de traits de chalut qui ont capturé des morues du Pacifique.", booktabs = TRUE, linesep = "",

format = "pandoc")

```

```{r surv-canadian, fig.cap="Données des relevés au chalut sur la morue du Pacifique au Canada. La figure illustre la biomasse relative et les intervalles de confiance inférieurs et supérieurs correspondants. Les traits positifs désignent le nombre de traits de chalut qui ont capturé des morues du Pacifique."}

gfplot::tidy\_survey\_index(dat$survey\_index,

survey = c("SYN QCS", "SYN WCVI", "SYN HS", "SYN WCHG", "OTHER HS MSA")) %>%

plot\_survey\_index()

```

\clearpage

## RELEVÉ TRIENNAL DU NMFS (DANS LES EAUX CANADIENNES)

Un indice de l’abondance relative a été établi pour la zone 3CD à partir des données du relevé triennal du National Marine Fisheries Service (NMFS), qui est effectué au large de la moitié inférieure de l’île de Vancouver.

### Sélection des données

Les données trait par trait tirées du relevé triennal du National Marine Fisheries Service (NMFS) des États-Unis, qui couvre la région de Vancouver de la CIPPN (Commission internationale des pêches du Pacifique Nord) ont été fournies par Mark Wilkins (NMFS, comm pers.) pour les sept années où le relevé a été réalisé dans les eaux de la Colombie-Britannique (tableau \@ref(tab:surv-tri-strata-table), figure \@ref(fig:tri-tows))). Ces traits ont été attribués aux strates par le NMFS, bien que la taille et la définition de ces strates aient changé au cours de la durée du relevé. La base de données des relevés du NMFS indiquait également le pays dans lequel le trait a eu lieu. Cette information a été reportée sur des cartes et vérifiée par rapport à la frontière maritime acceptée entre le Canada et les États-Unis : tous les traits semblaient être correctement situés par rapport au pays, en fonction de leur position de départ (figure \@ref(fig:tri-tows))). Les désignations du NMFS ont été acceptées pour les traits situés près de la frontière maritime.

Pour tous les traits utilisables, on connaissait la largeur médiane du filet (quantiles 1-99 %) de 13,4 (11,3-15,7) m et la distance médiane parcourue de 2,8 (1,4--3,5) km, ce qui a permis de calculer la superficie balayée par chaque trait. Les indices de la biomasse et les CV analytiques connexes pour la morue du Pacifique ont été calculés pour l’ensemble de la région de Vancouver de la CIPPN et pour chacune des sous-régions de Vancouver du Canada et des États-Unis, à l’aide des estimations de superficie appropriées pour chaque strate et année. Les strates qui n’ont pas été régulièrement visées par le relevé au cours des sept années ont été retirées de l’analyse, ce qui a permis d’obtenir un ensemble de données comparables pour chaque année à partir des données restantes.

```{r surv-tri-strata-table, warning=FALSE}

tri\_str <- readr::read\_csv(here::here("data/triennial-strata.csv"))

names(tri\_str) <- gsub("\_1", "", names(tri\_str))

tri\_to\_shade <- which(tri\_str$Shade == 1)

tri\_str$Shade <- NULL

for (i in seq\_along(names(tri\_str))) {

tri\_str[,i][is.na(tri\_str[,i])] <- ""

}

tri\_str$`Stratum No.`[tri\_to\_shade] <- paste0(tri\_str$`Stratum No.`[tri\_to\_shade], "\*")

knitr::kable(tri\_str,

caption = "Nombre de traits par strate et par année du relevé pour le relevé triennal du NFMS. Les strates marquées d’un astérisque ont été exclues de l’analyse, car elles n’avaient pas été couvertes complètement au cours des sept années du relevé ou parce que les emplacements étaient situés à l’extérieur de la zone de Vancouver de la CIPPN.",

booktabs = TRUE, linesep = "", format = "pandoc") %>%

kableExtra::kable\_styling(font\_size = 8)

```

Les définitions des strates utilisées dans les relevés de 1980 et de 1983 étaient différentes de celles utilisées dans les relevés ultérieurs, particulièrement dans les eaux canadiennes. De ce fait, ces indices n’ont pas été utilisés dans l’évaluation des stocks de la zone 3CD. La densité des traits était beaucoup plus forte dans les eaux américaines, bien que leur nombre total ait été à peu près le même dans chaque pays. Cela s’explique par le fait que la superficie totale de la zone de pêche de Vancouver de la CIPPN était environ deux fois plus grande dans les eaux canadiennes que dans les eaux américaines.

Il convient de noter que la limite nord du relevé a varié d’une année à l’autre (figure \@ref(fig:tri-tows)), mais cette différence a été compensée en utilisant une superficie de relevé constante pour toutes les années et en supposant que les taux de prises dans les zones non échantillonnées étaient les mêmes que dans la zone échantillonnée.

<!--

Tableau : Définitions des strates par année utilisées dans le relevé triennal du NMFS pour séparer les résultats du relevé par pays et par zone de la CIPPN. Les strates définies en gris sont celles qui ont été exclues de l’analyse finale, car elles n’avaient pas été couvertes complètement au cours des sept années du relevé ou parce que les emplacements étaient situés à l’extérieur de la zone de Vancouver de la CIPPN. Van. = Vancouver, Col. = Columbia.

------------ ---------- -------------- --------------- --------------- --------- ------- -----------

Année N°strate Superficie Début Fin Pays Zone CIPPN Tranche d’eau

(km^2^)

------------ ---------- -------------- --------------- --------------- --------- ------- -----------

1980 10 3 537 47 $^\circ$ 30 Frontière É.-U.-Can É.-U. Van. 55-183 m

1980 11 6 572 Frontière É.-U.-Can. 49 $^\circ$ 15 CDN Van. 55-183 m

1980 30 443 47 $^\circ$ 30 Frontière É.-U.-Can É.-U. Van. 184-219 m

1980 31 325 Frontière É.-U.-Can. 49 $^\circ$ 15 CDN Van. 184-219 m

1980 50 758 47 $^\circ$ 30 Frontière É.-U.-Can É.-U. Van. 220-366 m

1980 51 503 Frontière É.-U.-Can. 49 $^\circ$ 15 CDN Van. 220-366 m

1983 10 1 307 47 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 55 É.-U. Van. 55-183 m

1983 11 2230 47 $^\circ$ 55 Frontière É.-U.-Can É.-U. Van. 55-183 m

1983 12 6 572 Frontière É.-U.-Can. 49 $^\circ$ 15 CDN Van. 55-183 m

1983 30 66 47 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 55 É.-U. Van. 184-219 m

1983 31 377 47 $^\circ$ 55 Frontière É.-U.-Can É.-U. Van. 184-219 m

1983 32 325 Frontière É.-U.-Can. 49 $^\circ$ 15 CDN Van. 184-219 m

1983 50 127 47 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 55 É.-U. Van. 220-366 m

1983 51 631 47 $^\circ$ 55 Frontière É.-U.-Can É.-U. Van. 220-366 m

1983 52 503 Frontière É.-U.-Can. 49 $^\circ$ 15 CDN Van. 220-366 m

1989 $+$ 17N 1 033 47 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 50 É.-U. Van. 55-183 m

1989 $+$ 17S 3 378 46 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 30 É.-U. Col. 55-183 m

1989 $+$ 18N 159 47 $^\circ$ 50 48 $^\circ$ 20 CDN Van. 55-183 m

1989 $+$ 18S 2 123 47 $^\circ$ 50 48 $^\circ$ 20 É.-U. Van. 55-183 m

1989 $+$ 19N 8 224 48 $^\circ$ 20 49 $^\circ$ 40 CDN Van. 55-183 m

1989 $+$ 19S 363 48 $^\circ$ 20 49 $^\circ$ 40 É.-U. Van. 55-183 m

1989 $+$ 27N 125 47 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 50 É.-U. Van. 184-366 m

1989 $+$ 27S 412 46 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 30 É.-U. Col. 184-366 m

1989 $+$ 28N 88 47 $^\circ$ 50 48 $^\circ$ 20 CDN Van. 184-366 m

1989 $+$ 28S 787 47 $^\circ$ 50 48 $^\circ$ 20 É.-U. Van. 184-366 m

1989 $+$ 29N 942 48 $^\circ$ 20 49 $^\circ$ 40 CDN Van. 184-366 m

1989 $+$ 29S 270 48 $^\circ$ 20 49 $^\circ$ 40 É.-U. Van. 184-366 m

1995 $+$ 37N 102 47 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 50 É.-U. Van. 367-500 m

1995 $+$ 37S 218 46 $^\circ$ 30 47 $^\circ$ 30 É.-U. Col. 367-500 m

1995 $+$ 38N 66 47 $^\circ$ 50 48 $^\circ$ 20 CDN Van. 367-500 m

1995 $+$ 38S 175 47 $^\circ$ 50 48 $^\circ$ 20 É.-U. Van. 367-500 m

------------ ---------- -------------- --------------- --------------- --------- ------- -----------

-->

<!--(MPO 2015) -->

Un examinateur de la NOAA qui travaillait sur le sébaste à queue jaune en 2014 a noté qu’un certain nombre des premiers traits du relevé triennal avaient été considérés comme des « pêches nulles » (aucune capture de poisson ou d’invertébré) et qu’il faudrait les rejeter. Les traits utilisés pour estimer la biomasse relative de la morue du Pacifique excluent ces traits.

<!--

Tableau : Nombre de traits utilisables exécutés et superficie du relevé dans la région de Vancouver de la CIPPN séparée par la frontière internationale entre le Canada et les États-Unis. Les strates 18N, 28N, 37, 38 et 39 (tableau A.3) ont été retirées de cette analyse, car elles n’ont pas été couvertes de façon uniforme au cours de la période des relevés. Toutes les strates se trouvant dans la région de Columbia de la CIPPN (17S et 27S; tableau A.3) ont également été omises.

---------- --------- --------- --------- --------- --------- ----------

Année du relevé Traits eaux CDN Traits eaux É.-U. Traits totaux Superficie eaux CDN Superficie eaux É-U. Superficie totale

---------- --------- --------- --------- --------- --------- ----------

1980 48 23 71 7 399 4 738 12 137

1983 39 65 104 7 399 4 738 12 137

1989 63 54 117 9 166 4 699 13 865

1992 59 47 106 9 166 4 699 13 865

1995 62 35 97 9 166 4 699 13 865

1998 54 42 96 9 166 4 699 13 865

2001 36 37 73 9 166 4 699 13 865

Total 361 303 664 -- -- --

---------- --------- --------- --------- --------- --------- ----------

-->

### MÉTHODES DU RELEVÉ TRIENNAL

Pour calculer la variance pour ce relevé, on a supposé que la variance et la CPUE dans une strate étaient égales, même pour les strates divisées par la frontière canado-américaine. La biomasse totale dans une strate chevauchant la frontière a été divisée entre les deux pays selon le ratio de la superficie relative dans chaque pays :

\begin{equation}

B\_{y\_{i,c}}=B\_{y\_{i}}\frac{A\_{y\_{i,c}}}{A\_{y\_{i}}}

(\#eq:tri1)

\end{equation}

où $A\_{y\_{i,c}} =$ superficie (km^2^) dans le pays \*c\* l’année \*y\* dans la strate \*i\* et \*B\* représente la biomasse.

La variance \*V\* pour cette partie de la strate \*i\* dans le pays \*c\* a été calculée en proportion du ratio du carré de la superficie dans chaque pays \*c\* par rapport à la superficie totale de la strate \*i\*. Avec cette hypothèse, les CV de la strate dans chaque pays sont les mêmes que celui de l’ensemble de la strate :

\begin{equation}

V\_{y\_{i,c}}=V\_{y\_{i}}\frac{A\_{y\_{i,c}}^{2}}{A\_{y\_{i}}^{2}}.

(\#eq:tri2)

\end{equation}

On a utilisé la variance partielle pour le pays \*c\* au lieu de la variance totale dans la strate pour calculer la variance pour la biomasse totale dans les eaux canadiennes ou américaines.

Les estimations de la biomasse et les erreurs-types connexes ont été ajustées en fonction d’une superficie constante couverte à l’aide des ratios de la superficie étudiée. Cela a été nécessaire pour ajuster les estimations de la biomasse canadienne pour 1980 et 1983 afin de tenir compte de la superficie plus petite du relevé ces années-là par rapport aux relevés suivants. Les estimations de la biomasse dans les eaux canadiennes en 1980 et 1983 ont par conséquent été multipliées par le ratio de 1,24 (= 9 166 km^2^ / 7 399 km^2^) pour les rendre équivalentes à la couverture des relevés à partir de 1989.

Les estimations de la biomasse ont été autoamorcées pour 1 000 tirages aléatoires avec remplacement afin d’obtenir des intervalles de confiance à 95 % avec correction du biais [@efron1982] pour chaque année et pour trois superficies (total de la région de Vancouver, partie canadienne de Vancouver seulement et partie américaine de Vancouver seulement) d’après la distribution des estimations de la biomasse et les équations ci-dessus.

Les données sur les captures et l’effort pour les strates \(i\) l’année (y ) donnent les valeurs des captures par unité d’effort (CPUE) \({U\_{yi}}\). Pour un ensemble de données \(\left\{{{C\_{yij}},{E\_{yij}}} \right\}\) pour les traits \(j = 1, \ldots ,{n\_{yi}}\), on a

\begin{equation}

{U\_{yi}} = \frac{1}{{{n\_{yi}}}}\sum\limits\_{j = 1}^{{n\_{yi}}} {\frac{{{C\_{yij}}}}{{{E\_{yij}}}}},

\end{equation}

où \({C\_{yij}}\) = prises (kg) dans le trait \(j\), la strate \(i\), l’année \(y\);

\({E\_{yij}}\) = effort (h) dans le trait \(j\), la strate \(i\), l’année \(y\); et

\({n\_{yi}}\) = nombre de traits dans la strate \(i\), l’année \(y\).

Les valeurs de la CPUE \({U\_{yi}}\) sont converties en densités de CPUE \({\delta \_{yi}}\) (kg/km2) selon l’équation :

\begin{equation}

{\delta \_{yi}} = \frac{1}{{vw}}{U\_{yi}},

\end{equation}

où \(v\) = vitesse moyenne du navire (km/h) et \(w\) = largeur moyenne du filet (km).

Sinon, si on connaît l’information sur le navire pour chaque trait, la densité de CPUE peut s’exprimer comme suit :

\begin{equation}

{\delta \_{yi}} = \frac{1}{{{n\_{yi}}}}\,\,\sum\limits\_{j = 1}^{{n\_{yi}}} {\,\frac{{{C\_{yij}}}}{{{D\_{yij}}{w\_{yij}}}}},

\end{equation}

où \({C\_{yij}}\) = poids des prises (kg) pour le trait \(j\), la strate \(i\), l’année \(y\);

\({D\_{yij}}\) = distance parcourue (km) pour le trait \(j\), la strate \(i\), l’année \(y\);

\({w\_{yij}}\) = ouverture nette (km) pour le trait \(j\), la strate \(i\), l’année \(y\); et

\({n\_{yi}}\) = nombre de traits dans la strate \(i\), l’année \(y\).

L’estimation annuelle de la biomasse est alors la somme du produit des densités de CPUE et des superficies au fond dans les strates \(m\) :

\begin{equation}

{B\_y} = \sum\limits\_{i = 1}^m {{\delta \_{yi}}{A\_i}} = \sum\limits\_{i = 1}^m {{B\_{yi}}},

\end{equation}

où \({\delta \_{yi}}\) = densité moyenne de CPUE (kg/km2) pour la strate \(i\), l’année \(y\);

\({A\_i}\) = superficie (km2) de la strate \(i\);

\({B\_{yi}}\) = biomasse (kg) pour la strate \(i\), l’année \(y\); et

\(m\) = nombre de strates.

La variance de l’estimation de la biomasse du relevé \({V\_y}\) (kg^2^) est alors la suivante :

\begin{equation}

{V\_y} = \sum\limits\_{i = 1}^m {\frac{{\sigma \_{yi}^2A\_i^2}}{{{n\_{yi}}}}\,} = \,\,\,\sum\limits\_{i = 1}^m {{V\_{yi}}},

\end{equation}

où \(\sigma \_{yi}^2\) = variance de la densité CPUE (kg^2^/km^4^) pour la strate \(i\), l’année \(y\) et \({V\_{yi}}\) = variance de l’estimation de la biomasse (kg^2^) pour la strate \(i\), l’année \(y\).

Le coefficient de variation (CV) de l’estimation annuelle de la biomasse pour l’année \(y\) est exprimé comme suit : \begin{equation}

C{V\_y} = \frac{{\sqrt {\,{V\_y}} }}{{{B\_y}}}.

\end{equation}

### RÉSULTATS DU RELEVÉ TRIENNAL

Les estimations de la biomasse relative et les intervalles de confiance sont présentés dans le tableau \@ref(tab:surv-trien-table) et sur la figure \@ref(fig:tri-fig9). La plupart des prises de morue du Pacifique sont effectuées le long du rebord du plateau et dans le profond canyon à l’entrée du détroit de Juan de Fuca (p. ex. figure \@ref(fig:tri-tows)). L’exclusion des strates profondes qui n’étaient pas couvertes dans les premiers relevés a donné une estimation de la biomasse plus uniforme. La figure \@ref(fig:tri-fig8) montre que l’espèce se trouvait principalement entre 57 et 256 m (quantiles de profondeur au fond de 1 à 99 %), avec des observations peu fréquentes à des profondeurs allant jusqu’à 326 m, ce qui signifie que les strates plus profondes (>367 m) ne sont pas nécessaires pour surveiller la morue du Pacifique. Il convient de noter que les strates profondes qui n’ont pas été utilisées dans l’estimation de la biomasse sont incluses sur la figure \@ref(fig:tri-fig8).

```{r surv-trien-table, results='asis'}

surv\_tri <- readr::read\_csv(here::here("data/NMFSTriennial\_Canada-Vancouver.csv"))

knitr::kable(surv\_tri, caption = "Estimations de la biomasse et intervalles de confiance pour le relevé triennal du NMFS concernant les eaux canadiennes.", booktabs = TRUE, linesep = "",

longtable = TRUE, format = "pandoc") %>%

kableExtra::column\_spec(1:7, width = "1.8cm")

```

« {r tri-tows, fig.cap="(Graphiques de gauche) : tracé des emplacements des traits dans la région de Vancouver de la CIPPN pour le relevé triennal du NMFS dans les eaux américaines et canadiennes. Les emplacements des traits sont codés par couleur selon la plage de profondeur : noir = 55--183 m; rouge = 184-366 m; gris = 367-500 m. La ligne pointillée indique la position approximative de la frontière maritime entre le Canada et les États-Unis. Les lignes horizontales sont les limites des strates : 47 30, 47 50, 48 20 et 49 50. Les traits au sud de la limite 47-30 n’ont pas été inclus dans l’analyse. (Graphiques de droite) : les tailles des cercles dans la courbe de densité sont réparties sur toutes les années (1980, 1983, 1989, 1992, 1995, 1998 et 2001), le plus grand cercle = 7 229 kg/km2 en 1989. Les lignes rouges pleines indiquent les limites entre les zones 3B, 3C et 3D du secteur de gestion des pêches du Pacifique.", cache=FALSE}

knitr::include\_graphics(here::here("index", "paul-figs", "paul-surv-small.png"),

dpi = NA)

```

```{r tri-fig8, fig.cap="Distribution des poids des prises de morue du Pacifique pour chaque année de relevé, résumée en intervalles de 25 m pour tous les traits (tableau B.2) dans les eaux canadiennes et américaines de la zone de Vancouver de la CIPPN. Les prises sont tracées au milieu de l’intervalle. Il est à noter que les strates profondes introduites en 1995 (voir le tableau B.2) ont été incluses dans ce graphique, mais n’ont pas été utilisées dans l’estimation de la biomasse."}

insert\_paul\_figure <- function(n) {

knitr::include\_graphics(here::here("index", "paul-figs", paste0("paul", n, ".png")), dpi = NA)

}

insert\_paul\_figure(8)

```

```{r tri-fig9, fig.cap="Estimations de la biomasse pour trois séries sur la morue du Pacifique dans la région de Vancouver de la CIPPN (total de la région, eaux canadiennes seulement, eaux américaines seulement) avec des barres d’erreur de 95\\% estimées à partir de 1 000 autoamorçages."}

insert\_paul\_figure(9)

```

<!--

```{r tri-fig10, fig.cap="Proportion de traits ayant remonté des morues du Pacifique, par année, pour la région de Vancouver de la CIPPN (eaux canadiennes et américaines)."}

insert\_paul\_figure(10)

```

-->

\clearpage