

COMPARAISON DE PLANS D'ÉCHANTILLONNAGE STRATIFIÉS ADAPTÉS AUX DONNÉES D'ACTIVITÉ DE PÊCHE PROFESSIONNELLE

Angelina El Ghaziri⁽¹⁾, Lise Bellanger⁽²⁾, Nicolas Rollo⁽³⁾, Brice Trouillet⁽³⁾

⁽¹⁾ GIS VALPENA, Maison des Sciences de l'Homme (MSH) Ange Guépin – USR3491, Nantes.

Angelina.El-Ghaziri@univ-nantes.fr

⁽²⁾ Université de Nantes, laboratoire de Mathématiques Jean Leray – UMR CNRS 6629, Nantes.

⁽³⁾ Université de Nantes, laboratoire LETG-Nantes, Géolittomer – UMR 6554 CNRS, Nantes.

Introduction

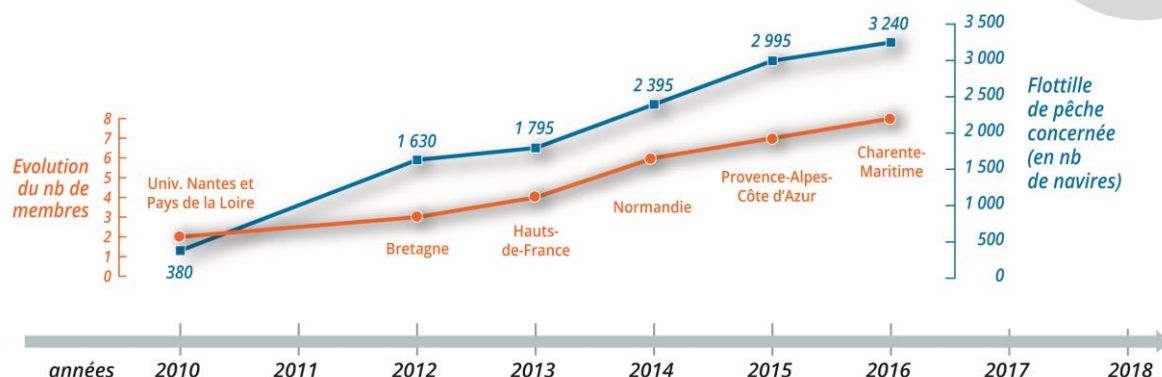
Contexte

- Partage de l'espace maritime (planification)
- Manque de données pour caractériser la pêche maritime professionnelle

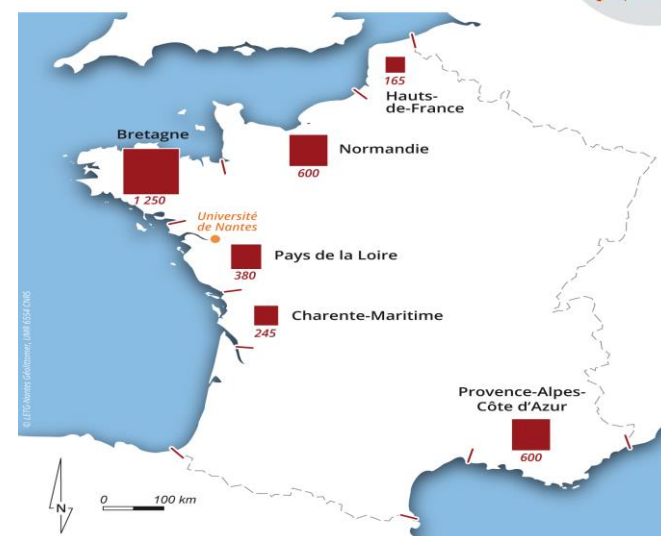
Réponse

- Création du GIS VALPENA en 2010 (*éVALuation de l'activité de Pêche maritime en regard des Nouvelles Activités; voir www.valpena.fr*), associant l'UN et les représentants des pêches
- Mise en place d'une démarche validée scientifiquement, permettant aux représentants des pêcheurs de collecter et de traiter eux-mêmes les données de spatialisation

Chronologie

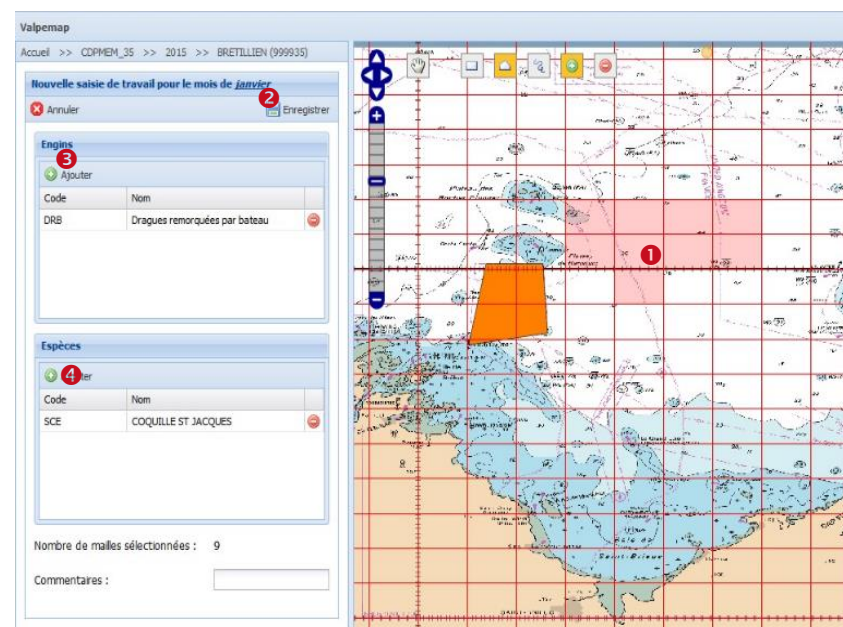


Les flottilles de pêche suivies



Introduction

- ❑ Collecte de données **par enquête** individuelle des patrons pêcheurs sur leur activité de l'année précédente
- ❑ Utilisation d'une **application informatique** développée pour l'occasion (Valpemap)
- ❑ Donnée collectée:
« **navire*maille*année*mois*engin*espèce** »
 - Mailles d'environ 3 milles nautique de côté (carroyage)
 - Des référentiels interopérables et normalisés (subdivision géographique, nomenclatures engins et espèces)
- ❑ Double validation (individuelle et collective)



Introduction

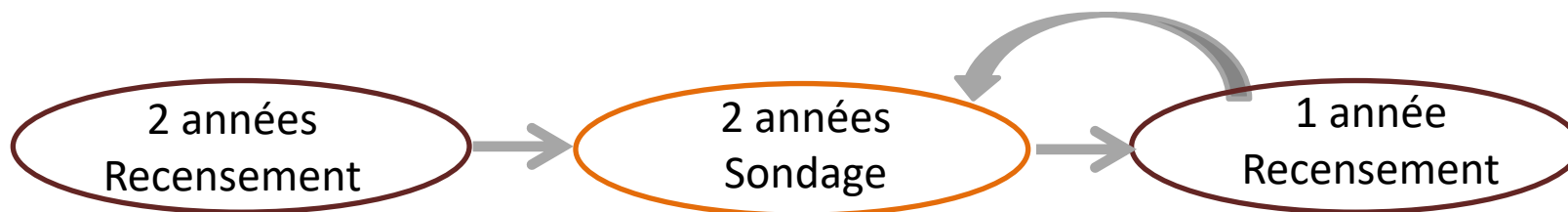
❑ Problèmes :

Impossibilité d'enquêter chaque année tous les navires (**recensement**), **85% taux maximum atteint**.

- Patrons pêcheurs sur-enquêtés
- Coût financier non négligeable pour les comités

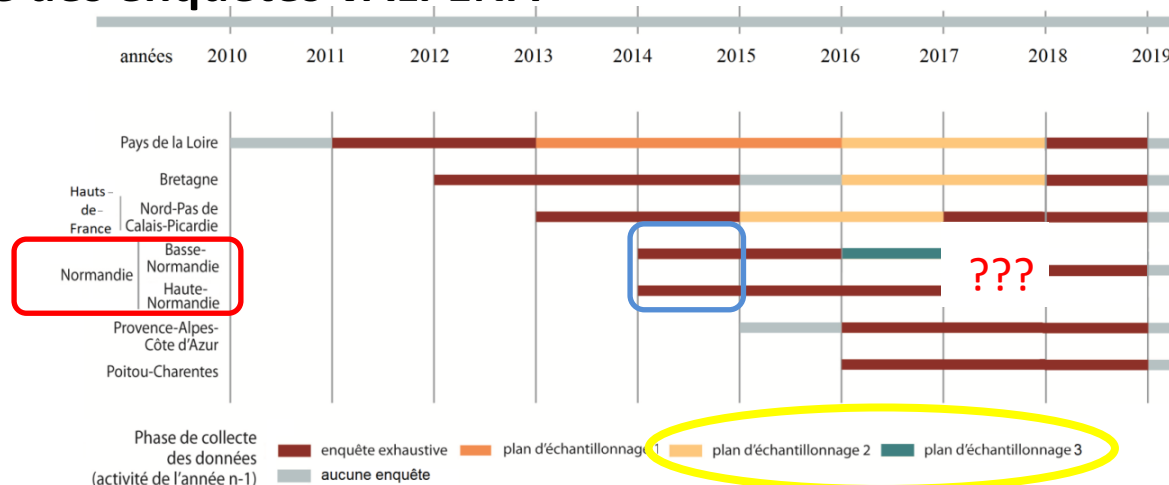
❑ Solutions :

- Implication les patrons pêcheurs :
Communication en amont sur le but de VALPENA
- Réalisation d'un sondage : mise en place d'un **Plan d'Echantillonnage (enquêtes PE)**
Enquête partielle de la flotte en utilisant la théorie des sondages



Introduction

Chronologie des enquêtes VALPENA



Plan d'échantillonnage 2 (Hauts de France): plan **stratifié aléatoire simple à allocation proportionnelle**

Plan d'échantillonnage 3 (Basse Normandie): plan **stratifié aléatoire simple à allocation proportionnelle**

Mais **la stratification est différente** du **plan d'échantillonnage 2**

Quelle stratification choisir pour la suite pour Normandie en particulier et pour tous les autres comités ensuite?

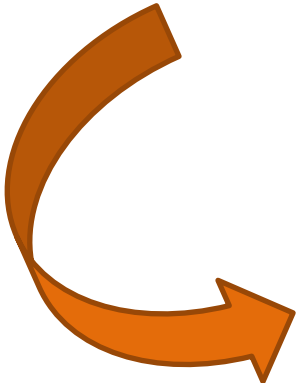
Simulation de Monte-Carlo en utilisant la théorie de sondage **sur l'année exhaustive 2014 de Normandie** pour choisir en particulier la stratification

Matériels

□ Donnée élémentaire collectée:

présence (ou absence) d'un navire i , sur une maille k , pour un mois m :

$$\mathbb{1}_{navire_i * maille_k * mois_m}$$



Indicateur		Question	Formule
ID	Indicateur de densité	Quel est le nombre de navires ayant une activité sur la maille?	$ID(maille_k) = \sum_{i=1}^N \mathbb{1}_{nav_i \times maille_k}$
IF	Indicateur de fréquence	Quel est le nombre de mois où la maille est déclarée travaillée?	$IF(maille_k) = \mathbb{1}_{maille_k} \times \sum_{m=1}^{MO} \mathbb{1}_{mois_m \times (\sum_{i=1}^N \mathbb{1}_{nav_i \times mois_m} \geq 1)}$
II	Indicateur d'intensité	Quel est le nombre de mois travaillés, cumulés, par l'ensemble des navires sur la maille?	$II(maille_k) = \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^{MO} \mathbb{1}_{nav_i \times maille_k \times mois_m}$
IDS	Indicateur de dépendance spatiale	Quel est le taux de dépendance spatiale d'un navire à la maille?	$IDS_{nav_i}(maille_k) = \frac{\mathbb{1}_{nav_i \times maille_k}}{\sum_{i=1}^K \mathbb{1}_{nav_i \times maille_i}}$
IDT	Indicateur de dépendance temporelle	Quel est le taux de dépendance temporelle d'un navire à la maille?	$IDT_{nav_i}(maille_k) = \frac{IF(maille_k)}{\sum_{m=1}^{MO} \mathbb{1}_{nav_i \times mois_m}}$
IDI	Indicateur de dépendance d'intensité	Quel est le taux de dépendance en terme d'intensité de pêche d'un navire à la maille?	$IDI_{nav_i}(maille_k) = \frac{II_{nav_i}(maille_k)}{\sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^{MO} \mathbb{1}_{mois_m \times maille_k \times nav_i}}$
IDE	Indicateur de dépendance économique	Quel est le taux de dépendance économique de la flottille à la maille?	$IDT_{nav_i}(maille_k) = \frac{IF(maille_k)}{\sum_{m=1}^{MO} \mathbb{1}_{nav_i \times mois_m}}$

Les deux indicateurs II et ID (en proportion) seront utilisés comme fonctions d'intérêt pour évaluer les estimations obtenues par la théorie des sondages lors des simulations de Monte-Carlo.

Méthodes

❑ Définition du plan d'échantillonnage

II.1- Choix de la stratification:

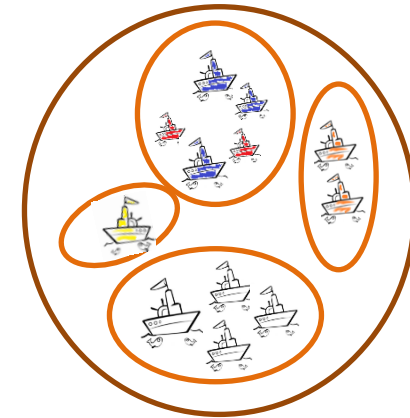
Répartition des navires en groupes/strates le plus homogène possible selon:

=> Comparaison de deux stratifications.

II.2- Choix du type d'allocation:

Détermination du nombre de navires à enquêter par strate

=> Comparaison de deux allocations: *proportionnelle et optimale*



II.3- Choix de la taille de l'échantillon:

Détermination du nombre de navires total à enquêter sur toute la flotte par la théorie des sondages et pour une précision fixée du plan d'échantillonnage

=> Comparaison de plusieurs précisions: 5, 7.5 et 10 % selon les moyens d'enquêtes.

II.4- Simulations de Monte-Carlo:

- Données : Normandie, activité 2014, une année de recensement
- Fonctions d'intérêts: l'indicateur d'intensité en proportion , II_p et l'indicateur de densité en proportion , ID_p .

II.1- la stratification

❑ Les deux choix de la stratification:

	Critère	Stratification du PE GIS (PE2)	Stratification du PE sous flottille (PE3)
1-	Situation géographique	Port/Groupement de port/Quartier Maritime	Port/Groupement de port/Quartier Maritime
2-	Type d'activités	catégorie et type du 1 ^e engin	Sous-flottille
3-	Caractéristique navire	Longueur	Longueur

Différence entre les deux stratifications : le critère « Type d'activités »

- PE GIS: le type d'activités est défini en utilisant les caractéristiques de l'engin utilisé le plus souvent dans l'année par le navire (noté 1^e engin).
- PE sous flottille: le type d'activités est défini par sous-flottille (même stratégie de pêche) qui peut regrouper plusieurs catégories d'engins utilisés par un navire.

II.1- la stratification

❑ Caractéristiques des deux stratifications

	PE GIS	PE sous-flottille
Nombre de strates	68	77
Effectif moyen des navires par strate	7	6
Nombre min de navires par strate	1	1
Nombre maximum de navires par strate	23	17
Quantiles [25%,50%,75%]	[5, 6, 8]	[4 , 5 , 8]
Nombre de strates d'effectif <5	17	23
Effectif échantillonnage systématique*	58	71

* Echantillonnage systématique des strates d'effectifs inférieur ou égale à 4

II.2- l'allocation

□ L'allocation proportionnelle

- **Calcul des n_h** (cf. Tillé, Y. 2001): la proportion de navires à enquêter dans chaque strate est « identique » à la proportion de navires à enquêter dans la population totale

$$\frac{n_h}{N_h} = \frac{n}{N} \Leftrightarrow n_h = \frac{n \times N_h}{N}$$

Où : n_h est la taille de l'échantillon de la strate h ;
 n est la taille de l'échantillon total;

N_h est la taille de la strate h ;
 N est la taille de la population totale.

- **Fonction d'intérêt (par maille k):**

	l'indicateur d'intensité en proportion	l'indicateur de densité en proportion
Formule	$II_p(\text{maille}_k)$	$ID_p(\text{maille}_k)$
	$\frac{1}{N \times MO} \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^{MO} 1_{nav_i \times \text{maille}_k \times \text{mois}_m}$	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1_{nav_i \times \text{maille}_k}$
Définition	La proportion du nombre de mois (MO), cumulés, pour tous les navires fréquentant la maille k , par rapport à la taille de la flotte totale (N).	La proportion de la flotte fréquentant la maille k considérée.

II.2- l'allocation

□ L'allocation optimale

- **Calcul des n_h** (cf. Tillé, Y. 2001): le nombre de navires à enquêter dans une strate est proportionnel à la variance au sein de la strate:

$$n_h = \frac{n \times N_h \times S_h}{\sum_{j=1}^H N_j \times S_j}$$

Où : $S_h^2 = \frac{1}{N_h - 1} \sum_{i=1}^{N_h} (Y_i - \bar{Y}_h)^2$ est la variance corrigée de la strate h :

- $\bar{Y}_h = \frac{\sum_{i=1}^{N_h} Y_i}{N_h}$ est la moyenne **des Y_i** pour les navires i appartenant à la strate h
- Y_i : « caractère d'intérêt » du navire i .

Définition de Y_i (dans notre cas): la moyenne pour un navire i sur l'ensemble des K mailles de:

	l'indicateur d'intensité en proportion	l'indicateur de densité en proportion
Formule	$Y_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K II_{p_{nav_i}}(maille_k)$	$Y_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K ID_{p_{nav_i}}(maille_k)$
	$II_{p_{nav_i}}(maille_k) = \frac{1}{MO} \sum_{m=1}^{MO} 1_{nav_i \times maille_k \times mois_m}$	$ID_{p_{nav_i}}(maille_k) = 1_{nav_i \times maille_k}$
Définition Y_i	Moyenne sur l'ensemble des K mailles de la proportion de mois travaillés, par navire i .	Moyenne sur l'ensemble des K mailles de la fréquentation du navire i .

II.2- l'allocation

□ L'allocation optimale

- **Fonction d'intérêt:** à partir des n_h calculés, nous cherchons à estimer les indicateurs en proportion (II_p et ID_p) par maille k fixé:

	l'indicateur d'intensité en proportion	l'indicateur de densité en proportion
Formule	$II_p(\text{maille}_k)$	$ID_p(\text{maille}_k)$
	$\frac{1}{N \times MO} \sum_{i=1}^N \sum_{m=1}^{MO} 1_{nav_i \times \text{maille}_k \times \text{mois}_m}$	$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 1_{nav_i \times \text{maille}_k}$
Définition	La proportion du nombre de mois (MO), cumulés, pour tous les navires fréquentant la maille k , par rapport à la taille de la flotte totale (N).	La proportion de la flotte fréquentant la maille k considérée.

N.B: ce sont les mêmes fonctions d'intérêt que nous cherchons à estimer dans l'allocation proportionnelle.

II.3- choix de la taille de l'échantillon

- La taille n de l'échantillon est déterminée de telle sorte que la fonction d'intérêt (*e.g.* II_p) appartienne à un intervalle de confiance défini autour de l'estimation (noté $\widehat{II}_p$) avec une probabilité $1 - \alpha$:

$$P(II_p \in [\widehat{II}_p - b, \widehat{II}_p + b]) = 1 - \alpha$$

où: b est la précision fixée selon les moyens des comités (entre 5 et 10%)

$\alpha \in [0,1]$ (fixé à 5%).

- Formule pour calculer n (cf. Tillé, Y. 2001): valable quelque soit l'indicateur en proportion, p , à estimer:

$$n \geq \frac{N \left(b^2 + \hat{p}(1 - \hat{p})z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2 \right)}{b^2 N + \hat{p}(1 - \hat{p})z_{1-\frac{\alpha}{2}}^2}$$

Où: $\hat{p} = \frac{1}{2}$ et $z_{1-\alpha/2}$ est le quantile $1 - \alpha/2$ d'une loi $N(0, 1)$

II.4. Simulation de Monte-Carlo

1- Recensement: Pour l'ensemble de la base navires enquêtée lors de l'année **exhaustive**, calcul pour chaque maille k des deux indicateurs d'intensité et de densité en proportion (II_p et ID_p).

2- Sondage: Affectation des navires à une strate selon les deux stratifications et calcul pour chacune le nombre de navires à enquêter par strate (n_h) selon les deux allocations (proportionnelle et optimale).

Pour chaque PE (PE_{GIS} , $PE_{sous\ flottille}$) à comparer :

Ré-échantillonnage sans remise (méthode de Monte Carlo)

Pour $s = 1, \dots, 500$:

1. tirage aléatoire d'un échantillon de navires $E(s)$ de taille fixée (n selon la précision choisie) et suivant le type d'allocation

2. calcul des estimations de Horvitz-Thompson des indicateurs II_p (et ID_p) à partir de l'échantillon $E(s)$, pour chaque maille k :

$$\widehat{II}_p^{(s)}(maille_k) = \frac{1}{N \times MO} \sum_{h=1}^H \frac{N_h}{n_h} \sum_{i \in S_h^{(s)}} \sum_{m=1}^{MO} 1_{mois_m \times maille_k \times nav_i} \quad \text{et} \quad \widehat{ID}_p^{(s)}(maille_k) = \frac{1}{N} \sum_{h=1}^H \frac{N_h}{n_h} \sum_{i \in S_h^{(s)}} 1_{maille_k \times nav_i}$$

Pour alléger l'écriture,
la démarche de comparaison est
présentée pour l'indicateur d'intensité, II_p

N.B: même démarche est utilisée pour l'indicateur de densité, ID_p

Outils de comparaison

□ Evaluation des estimations obtenues par simulation de Monte-Carlo

■ Cartographie (par maille k fixé) :

- Moyenne des $s=500$ estimations du paramètre d'intérêt $\widehat{\Pi}_p^{(s)}(maille_k)$:

$$\overline{\widehat{\Pi}}_p(maille_k) = \sum_{s=1}^{500} \frac{\widehat{\Pi}_p^{(s)}(maille_k)}{500}$$

- Coefficient de variation: $CV(maille_k) = \frac{\sqrt{var(\widehat{\Pi}_p^{(s)}(maille_k))}}{\widehat{\Pi}_p(maille_k)}$

■ Comparaison globale des résultats (sur l'ensemble des K mailles):

- Moyenne des estimations des K paramètres d'intérêt: $\overline{\widehat{\Pi}}_p = \sum_{k=1}^K \frac{\overline{\widehat{\Pi}}_p(maille_k)}{K}$
- Percentiles à 25% et 75% des moyennes par maille $\overline{\widehat{\Pi}}_p(maille_k)$ $k=1, \dots, K$.
- Coefficient de variation moyenné sur les mailles: $CV = \sum_{k=1}^K \frac{CV(maille_k)}{K}$

III) Résultats

Présentation pour l'indicateur d'intensité, II_p seulement

Comparaison globale (II_p)

Indicateur d'intensité	Exhaustivité	b=5%				b=7.5%				b=10%			
		PE GIS		PE sous flottille		PE GIS		PE sous flottille		PE GIS		PE sous flottille	
Allocation	-----	Optimale	Prop	Optimale	Prop	Optimale	Prop	Optimale	Prop	Optimale	Prop	Optimale	Prop
Taille	N=473	295	271	310	283	211	196	222	206	162	157	176	168

Taille de l'échantillon n: b=5%: n>213 b=7.5% n>127 b=10% n>81

- **Taille de l'échantillon:** quelque soit la stratification et l'allocation, la taille de l'échantillon tiré (et réellement enquêté) est différent de n , la taille de l'échantillon calculé selon la théorie de sondage:

$$\sum_{h=1}^H n_h \neq n$$

Ceci est dû à l'approximation du nombre de navires à enquêter par strate, n_h , à l'entier le plus proche.

Comparaison globale (II_p)

Indicateur d'intensité		Exhaustivité	b=5%		b=7.5%		b=10%	
		Flotte totale	PE GIS		PE GIS		PE GIS	
Allocation		-----	Optimale	Prop	Optimale	Prop	Optimale	Prop
Taille		N=473	295	271	211	196	162	157
$\overline{II_p}$ (%)		1.27	1.27	1.28	1.27	1.28	1.28	1.27
Percentiles	25 %	0.04	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04
	75 %	1.44	1.44	1.47	1.44	1.45	1.44	1.48
CV		///	0.36	0.35	0.53	0.46	0.60	0.63
Ecart type du CV		///	0.24	0.20	0.41	0.28	0.42	0.45

Pour PE GIS:

- Les deux allocations ont des valeurs de CV moyen sur toutes les mailles presque identiques, mais l'écart type de CV est plus faible pour l'allocation proportionnelle.
- Naturellement, en augmentant le nombre de navires (*i.e.* précision plus petite), les estimations sont meilleures.

Comparaison globale (II_p)

Indicateur d'intensité		Exhaustivité	b=5%		b=7.5%		b=10%	
		Flotte totale		PE sous flottille			PE sous flottille	
Allocation		-----		Optimale	Prop		Optimale	Prop
Taille		N=473		310	283		176	168
$\overline{II_p}$ (%)		1.27		1.28	1.28		1.28	1.28
Percentiles	25 %	0.04		0.04	0.03		0.03	0.04
	75 %	1.44		1.45	1.47		1.45	1.46
CV		///		0.37	0.52		0.77	0.83
Ecart type du CV		///		0.26	0.36		0.54	0.58

Pour PE sous flottille:

- L'allocation optimale aboutit à de meilleures estimations en moyenne sur toutes les mailles par rapport à l'allocation proportionnelle: le coefficient de variation moyen et son écart type sont plus faibles.
- Naturellement, l'estimation est meilleure en augmentant le nombre de navires (*i.e.* précision plus petite).

Comparaison globale (II_p)

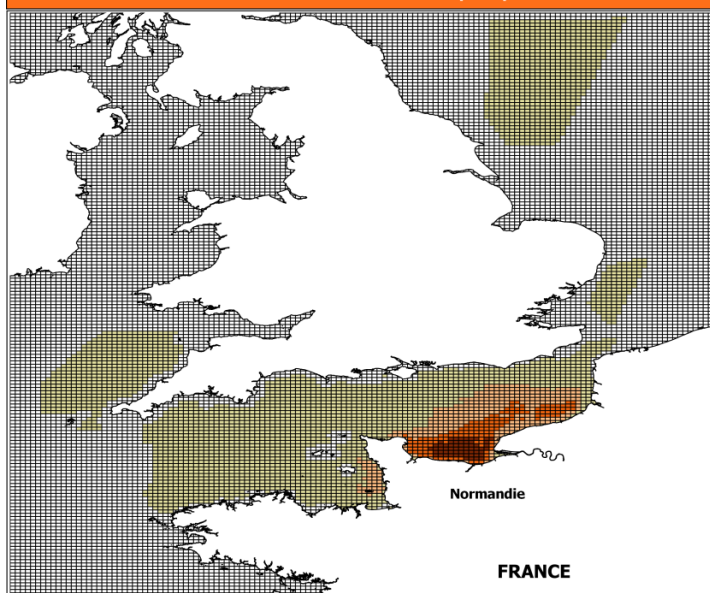
Indicateur d'intensité		Exhaustivité	b=5%				b=7.5%				b=10%			
		Flotte totale	PE GIS		PE sous flottille		PE GIS		PE sous flottille		PE GIS		PE sous flottille	
Allocation		-----		Prop	Optimale			Prop	Optimale			Prop	Optimale	
Taille		N=473		271	310			196	222			157	176	
$\overline{II_p}$ (%)		1.27		1.28	1.28			1.28	1.28			1.27	1.28	
Percentiles	25 %	0.04		0.04	0.04			0.03	0.04			0.04	0.03	
	75 %	1.44		1.47	1.45			1.45	1.44			1.48	1.45	
CV		///		0.35	0.37			0.46	0.54			0.63	0.77	
Ecart type du CV		///		0.20	0.26			0.28	0.36			0.45	0.54	

PE GIS allocation proportionnelle vs PE sous flottille allocation optimale:

PE GIS avec l'allocation proportionnelle admet des meilleures estimations en moyenne sur toutes les mailles en comparant le coefficient de variation et son écart type.

Cartographie de l'indicateur d'intensité (IIP)

Activité de pêche en Normandie 2014
 Indicateur d'intensité en proportion



VALPENA
 Année Exhaustive

Normandie activité 2014

IIP (%)
 très faible
 faible
 moyen
 fort

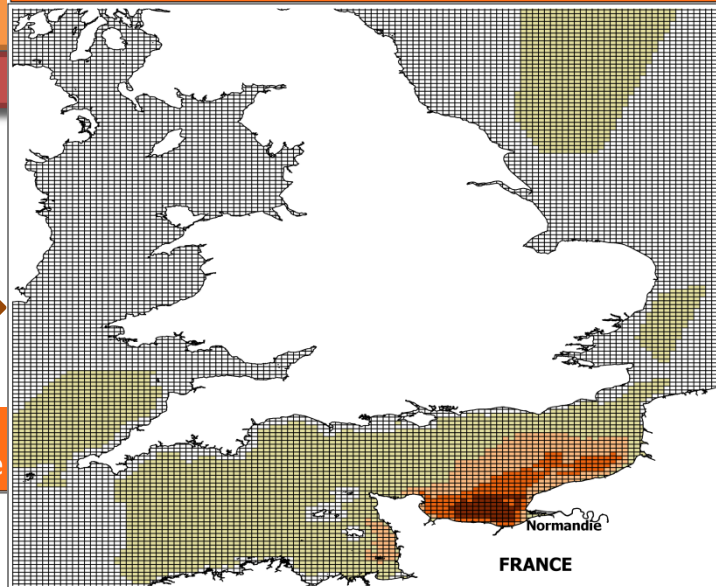
K= 3793 mailles

Nombre de navires totale 569
 Nombre de navires enquêtés 473
 (~83.13% de la flotte)

Nombre de navires enquêtés:
 Basse Normandie: 361
 (~81.67%)
 Haute Normandie: 112
 (~88.19%)



Estimation de l'activité de pêche en Normandie 2014
 PE GIS, allocation proportionnelle, précision 10%



VALEPNA
 Simulation

Estimation des IIP (%)

(Moyenne sur 500 simulations du PE)

très faible
 faible
 moyen
 fort

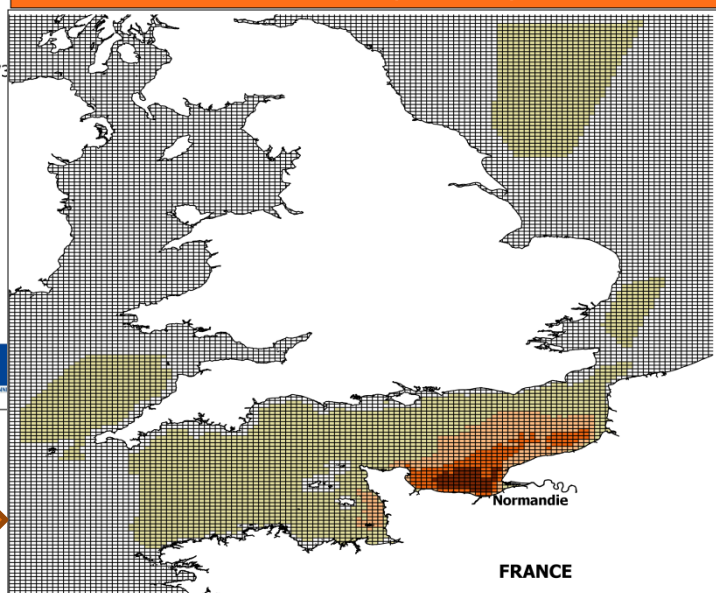
K= 3793 mailles
 Précision du PE: 10%
 Allocation: proportionnelle.

Nombre de navires enquêtés: 157
 Nombre de navires de la flotte: 473

Nombre de strates: 68
 Effectif échantillonnage
 systématique: 58



Estimation de l'activité de pêche en Normandie 2014
 PE sous-flottille, allocation optimale, précision 10%



VALEPNA
 Simulation

Estimation des IIP (%)

(Moyenne sur 500 simulations du PE)

très faible
 faible
 moyen
 fort

K= 3793 mailles
 Précision du PE: 10%
 Allocation: optimale.

Nombre de navires enquêtés: 176
 Nombre de navires de la flotte: 473

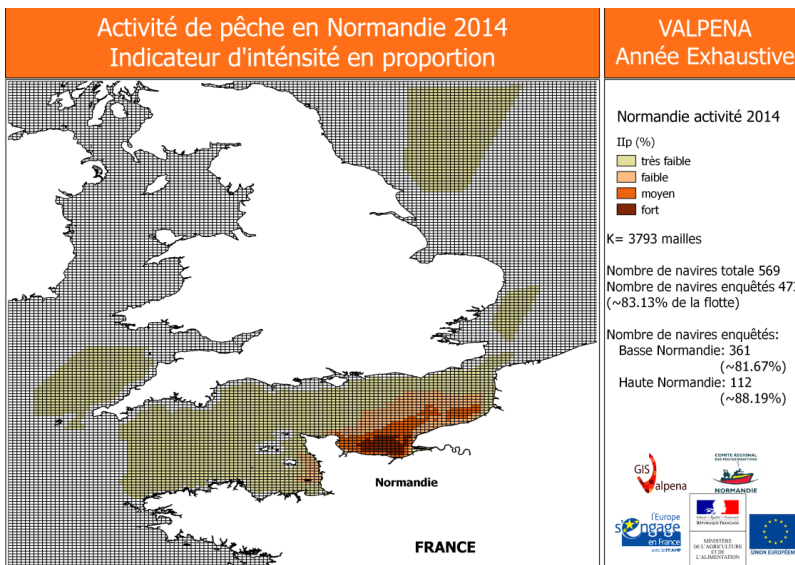
Nombre de strates: 77
 Effectif échantillonnage
 systématique: 71



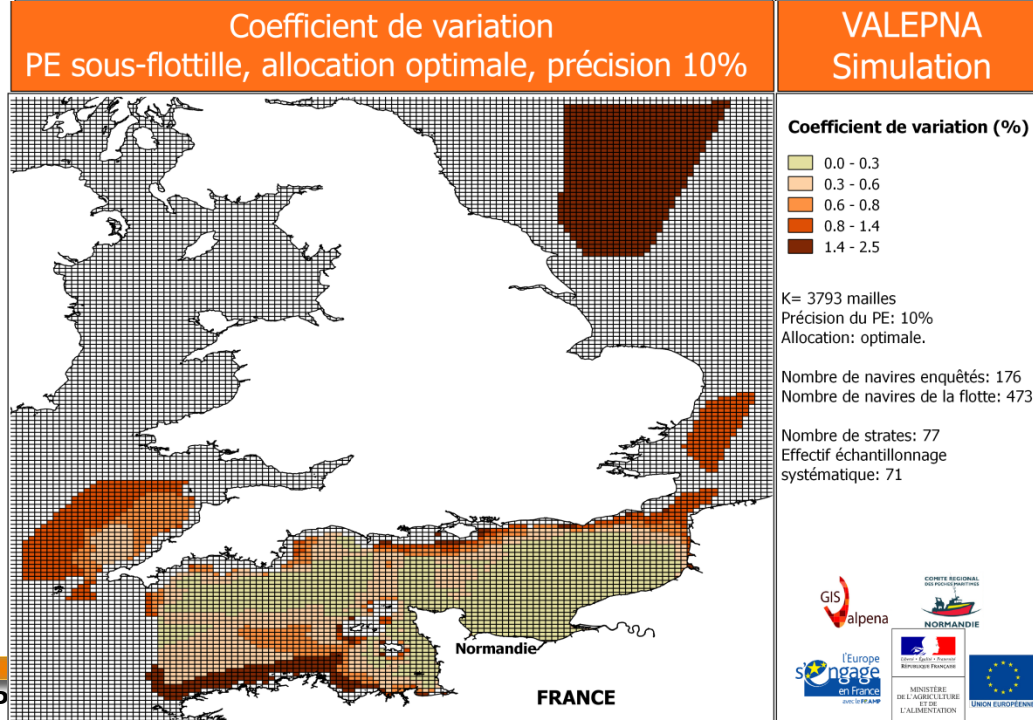
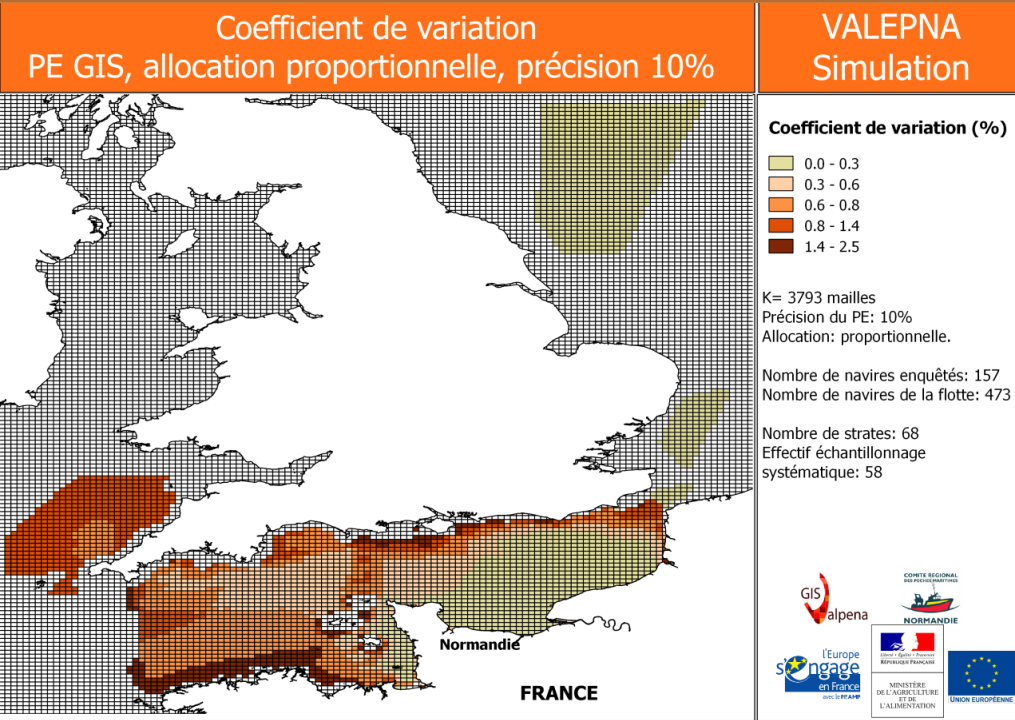
- I) Introduction
- II) Matériels et méthodes
- III) Résultats
- IV) Conclusions et perspectives

Cartographie du coefficient de variation (II_p)

PE GIS	Min	25%	Médiane	Moyenne	75%	Max
CV(%)	0.12	0.34	0.46	0.63	0.84	2.18



PE sous flottille	Min	25%	Médiane	Moyenne	75%	Max
CV(%)	0.07	0.30	0.52	0.77	1.43	2.52



Synthèse des résultats

1- Choix de la stratification: meilleurs résultats pour la **stratification du GIS**.

De plus, la stratification en sous flottille est plus difficile à mettre en place (e.g. la définition des typologies des sous-flottilles est propre à chaque comité et les strates sont de faibles effectifs donc plus d'échantillonnages systématiques).

⇒ Le choix de la stratification selon **Groupe de port/catégorie et type 1^e engin/Longueur navires** est retenu.



2- Choix de l'allocation: CV indique des meilleures estimations pour le PE GIS et l'allocation proportionnelle.

⇒ **l'allocation proportionnelle** a été retenue

3- Choix de la précision: la précision de 5% permet d'avoir naturellement des meilleures estimations comparées aux précisions de 10% et 7.5% (plus de navires enquêtés).

⇒ le choix de **la précision de 10% a été choisi** par Normandie pour le PE 2017.

Conclusion

□ Apports pour VALPENA

- Choix de la stratification et de l'allocation la plus adaptée aux données VALPENA
- Gain de précision et subsistance des enquêtes par sondage

□ Limites : taille de l'échantillon. En particulier, pour l'allocation optimale:

- Pour les strates où $n_h > N_h$: fixation de $n_h = N_h$ et recalcule des autres n_h selon la formule:

$$n_h = \frac{n \times N_h \times S_h}{\sum_{j=1}^H N_j \times S_j}$$

Problème: n fixé, les n_h des autres strates seront plus grands entraînant plus d'enquêtes.

⇒ Difficile la comparaison des deux allocations (taille de l'échantillon très différent)

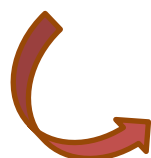
□ D'autres Observatoires des pêches: OBSMER (depuis 2009): observation à bord des navires de pêche commerciaux du Système d'Information Halieutique (SIH) de l'IFREMER.

Plan d'échantillonnage annuel stratifié (Cornou, A-S *et al.*, 2017).

- Stratification définie par:
métier du navire (engin, espèce) * saison de pêche (trimestrielle) * zone de pêche (rectangle statistique du CIEM)
- Extrapolation réalisée en multipliant par le rapport: (effectif total)/(effectif de l'échantillon)
=> Allocation proportionnelle
- Objectifs des enquêtes différents aux enquêtes VALPENA
(estimation des captures et rejets par marée)

Perspectives

- ❑ Réflexion en cours sur le traitement des données pluriannuelles (deux années): Exhaustive/Exhaustive, PE/PE et Exhaustive/PE



Etendre le traitement des données sur plusieurs années
pluriannuel et **interrégional**

- ❑ Traitement des données manquantes suite au recensement et au sondage PE
(actuellement une liste supplémentaire de navires est fournie pour palier ce problème dans le PE)
- ❑ D'autre types d'allocations?

COMPARAISON DE PLANS D'ÉCHANTILLONNAGE STRATIFIÉS ADAPTÉS AUX DONNÉES D'ACTIVITÉ DE PÊCHE PROFESSIONNELLE

Merci pour votre attention !

Références

VALEPNA: **www.valpena.fr**

- Ardilly, P. (2006). *Les techniques de sondage (nouvelle édition)*, Paris : Editions Technip.
- Ardilly, P. (2006). *Panorama des principales méthodes d'estimation sur les petits domaines*. Série des Documents de Travail Méthodologie Statistique: INSEE.
- Cornou A-S., Goascoz N., Scavinner M., Chassanite A., Dubroca L., Rochet M-J. (2017). *Captures et rejets des métiers de pêche français. Résultats des observations à bord des navires de pêche professionnelle en 2016*. <https://archimer.ifremer.fr/doc/00418/52945/>
- Lohr, S. (2010). *Sampling: Design and Analysis* (Second International Edition). US: Brooks/Cole, cengage Learning, US.
- Plissonneau, E. (2014). Normalisation de l'exploitation des données VALPENA par la mise en place d'indicateurs géostatistiques et validation de plans d'échantillonnage avec la théorie des sondages, Rapport de stage de Master 2, 66p.
- Tillé, Y. (2001). *Théorie des sondages – Échantillonnage et estimation en populations finies*. Paris : Dunod.

Choix de la variable Y_i pour l'allocation optimale

Deux cas possibles:

	1 ^e cas Moyenne sur toutes les mailles	2 ^e cas Pour chaque maille, k fixé
Variable d'intérêt	$Y_i = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K II_{p_{nav_i}}(maille_k)$	$Y_i^k = II_{p_{nav_i}}(maille_k)$
Dispersion au sein de la strate h	$S_h = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_h} \frac{(Y_i - \bar{Y}_h)^2}{N_h - 1}}$	$S_h^k = \sqrt{\sum_{i=1}^{N_h} \frac{(Y_i^k - \bar{Y}_h^k)^2}{N_h - 1}}$
	$\bar{Y}_h = \frac{1}{N_h} \sum_{i \in S_h} Y_i$	$\bar{Y}_h^k = \frac{1}{N} \sum_{i \in S_h} Y_i^k$
	$n_h = \frac{n \times N_h \times S_h}{\sum_{h=1}^H N_h \times S_h}$	$n_h = ?$ S_h^k est la dispersion au sein de la strate h et par maille k. Donc on aura n_h^k: nombre de navires à enquêter par strate et <i>par maille</i>!?

Comparaison globale

Estimation de l'indicateur de densité avec les n_h de l'alloc. optimale calculés à partir de l'indicateur de densité

Indicateur de densité		Exhaustivité	b=5%					b=7.5%					b=10%					
		Flotte totale	PE sous flottille		PE GIS			PE sous flottille		PE GIS			PE sous flottille		PE GIS			
Allocation		-----	Optimale	Prop	Optimale		Prop	Optimale	Prop	Optimale		Prop	Optimale		Prop	Optimale		Prop
					II	ID				II	II		ID	II		ID		
Taille		N=473		283	303	303	271	240	206	223	223	196	199	199	168	184	184	157
$\overline{ID}_p$ (%)		ok		3.00	1.28	3.00	3.01	1,27	3.01	1.28	3.00	3.01	1.28	3.00	3.01	1.27	3.00	3.02
Percentiles	25%	ok		0.22	0.04	0.21	0.22	0.04	0.22	0.04	0.21	0.21	0.04	0.21	0.22	0.04	0.21	0.16
	75%	ok		2.74	1.45	2.74	2.74	1.46	2.71	1.46	2.74	2.71	1.45	2.73	2.67	1.45	2.72	2.75
CV				0.48	0.19	0.08	0.27	0.18	0.69	0.19	0.11	0.37	0.23	0.15	0.23	0.21	0.13	0.53
Ecart type du CV				0.37	0.29	0.12	0.22	0.16	0.53	0.17	0.15	0.31	0.18	0.17	0.26	0.18	0.17	0.48